3 1761 04209 4581

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE

L'HIBERNATION CHEZ LES INVERTÉBRÉS

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'HIBERNATION DE L'ESCARGOT

(*HELIX POMATIA* L.)

Lyon. — A. REY, Imprimeur de l'Université, 4, rue Gentil. — 52171.

Exemplaire N° 339

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
NOUVELLE SÉRIE
I. *Sciences, Médecine.* — Fascicule 27.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'HIBERNATION CHEZ LES INVERTÉBRÉS

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'HIBERNATION DE L'ESCARGOT (*HELIX POMATIA* L.)

PAR
MARGUERITE BELLION
Docteur ès Sciences,
Assistante au Laboratoire de Physiologie de la Faculté des Sciences de Lyon

Avec 13 graphiques et 5 figures intercalés dans le texte

102219
3/6/10

LYON
A REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
Rue Gentil, 4

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE et FILS
Rue Hautefeuille, 19

1909

LIBRARY
OCT 19 1970
UNIVERSITY OF TORONTO

QL
755
B43

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE

L'HIBERNATION CHEZ LES INVERTÉBRÉS

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'HIBERNATION DE L'ESCARGOT

(HELIX POMATIA L)

INTRODUCTION

Pendant l'hiver, un grand nombre d'animaux qualifiés d'animaux hibernants restent plongés dans une sorte de léthargie ou de sommeil profond ; cet état est très fréquent chez les animaux inférieurs, en particulier chez les vers, les insectes et les mollusques.

Pour étudier les modifications physiologiques dont s'accompagne ce genre de vie chez les mollusques gastéropodes terrestres, nous avons fait choix de l'un d'entre eux, très commun, partant très facile à obtenir en grande quantité, l'escargot des vignes *(Helix pomatia* L.). Nous avons borné nos recherches à l'étude des modifications que la vie hibernale apporte dans les réserves physiologiques et dans les échanges respiratoires de cet animal, et à quelques expériences méthodiques ayant pour objet de déterminer le facteur externe essentiel de l'hibernation.

Ce travail est donc divisé en trois parties : la première, très courte, relate quelques observations ou expériences ayant trait à l'influence de la chaleur et de l'humidité sur l'hibernation de l'escargot ; dans la deuxième, nous étudions les réserves physiologiques chez *Helix pomatia* L. (eau, graisses, glycogène, sucre, albumines solubles), et leurs variations pendant l'engourdissement hibernal ; enfin, la troisième partie traite des échanges respiratoires et de la composition des gaz internes de ce mollusque pendant la période de pleine activité et pendant l'hibernation.

L'exposé de nos recherches est précédé d'un résumé chronologique succinct des observations et des expériences faites jusqu'à ce jour sur l'hibernation des Hélices.

Au début de ce travail, nous exprimons toute notre reconnaissance à notre savant maître, M. le professeur R. Dubois, qui, après nous avoir conseillé cette étude, a bien voulu s'intéresser à nos recherches et nous prodiguer, pendant toute leur durée, ses conseils et ses encouragements ; nous remercions aussi bien vivement M. E. Couvreur de nous avoir appris à manipuler, sous sa savante direction, sans nous ménager son aide bienveillante ; enfin, nous adressons également tous nos remerciements à M. A. Morel, qui a mis à notre disposition sa grande érudition technique.

HISTORIQUE

L'hibernation de l'escargot fut connue des Anciens car elle est signalée dans les ouvrages de plusieurs auteurs grecs et latins. « Les limaçons terrestres, écrit Aristote[1], s'enferment par l'interposition d'un léger voile et se cachent pendant l'hiver » ; Dioscorides[2] qualifie ces animaux d'operculés Πωματίας κοχλίας[3] », enfin, Théophraste, dans le *Traité des animaux qui s'enterrent*, signale la retraite de ces mollusques, non seulement en hiver, mais aussi en été : « Les limaçons se cachent dans la terre ou dans le creux des arbres pendant l'hiver, et même davantage pendant l'été ; mais les pluies d'automne les font paraître en abondance[4]. » Pline[5] rapporte une observation analogue et assimile la torpeur estivale provoquée par la sécheresse chez les Hélices avec l'engourdissement hivernal : « Les limaçons dorment eux aussi d'une semblable manière (comme les vipères) ; ce sommeil se produit également en été ; surtout chez ceux qui adhèrent aux rochers, et de telle façon que renversés ou même violemment arrachés, ils ne sortent pas néanmoins (de leur coquille). »

Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les observations des naturalistes modernes sur l'hibernation des Hélices ne sont ni plus précises ni plus détaillées que celles des savants grecs ou latins;

[1] Aristote, *Hist. animal.*, lib. VIII, cap. XIII.

[2] Dioscorides, *De mat. med.*, lib. II, cap. VIII.

[3] Epithète qui, latinisée, devint le mot *pomatia*.

[4] Cité d'après Férussac et Deshayes, *Histoire naturelle et particulière des mollusques*, t. II, p. 104.

[5] Pline, *Hist. nat.*, lib. VIII, cap. XXXIX.

Swammerdam[1], dont le mémoire sur le limaçon renferme de nombreux renseignements sur les mœurs et la physiologie de cet animal, ne parle qu'incidemment de son hivernage. « En Italie, en Allemagne, en France, dit-il, on mange le limaçon de vigne ou escargot, surtout lorsqu'après une diète de quelques mois cet animal se trouve nettoyé de toutes ses immondices ; car alors, il se forme sur l'ouverture de la coquille un couvercle ou opercule d'une substance gypseuse, lequel empêche qu'il n'y entre de la terre ou d'autres ordures, ainsi l'animal y vit pendant plus de sept mois, depuis l'automne jusqu'au printemps, sans aucun mouvement et sans aucune nourriture[2]. »

Les premières recherches méthodiques faites sur l'hivernage des Hélices sont celles de Spallanzani[3] qui, à Pavie, pendant l'hiver de 1795, observa l'hélice livrée (*Helix nemoralis* L.), afin de déterminer d'abord les conditions externes de l'hibernation, puis d'étudier ce que devenaient la respiration et la circulation chez l'animal engourdi.

D'après Spallanzani, ce mollusque entre en terre en octobre — de préférence dans les terrains secs —; ferme l'ouverture de sa coquille (ordinairement tournée vers le bas) par un couvercle très fin « membranacéo-calcaire, blanc en dehors et jaune en dedans » ; il y reste immobile jusques au commencement d'avril, époque à laquelle, par une température de 10 à 12 degrés R., il sort de cette espèce de torpeur. Pendant l'hiver, ces limaçons se trouvent sous terre à une profondeur variant de « 1 à 4 pouces » suivant les individus ; mais en repérant la position de plusieurs *Helix* avec des baguettes placées perpendiculairement et touchant la coquille, Spallanzani constata qu'un individu quelconque demeure à la même profondeur pendant tout l'hivernage, quelles que soient les variations de la température ambiante.

[1] Swammerdam, *Histoire naturelle des insectes*, traduite du *Biblia Naturæ*, dans la collection académique dédiée à S. A. S. Monseigneur le prince de Condé, 1758.

[2] *Loc. cit.*, p. 56.

[3] Spallanzani, *Mémoires sur la Respiration*, traduction Jean Senebier, t. IX.

Il fit différentes expériences sur la respiration de l'hélice livrée avec des animaux déterrés sous la neige, le 3 février ; ces mollusques étaient gelés mais il put les ranimer par la chaleur d'une étuve ; les analyses gazeuses furent faites dans l'eudiomètre de Giobert, l'oxygène était absorbée par le phosphore et le gaz carbonique par l'eau de chaux. En faisant varier la température, Spallanzani observa d'abord qu'à — 2 degrés R. les limaçons gelaient dans une chambre et qu'ils « furent tués par ce gel quoique pendant le jour, le thermomètre fût souvent à 0 degré » ; mais, à 0 degré, ils tombaient seulement en léthargie et, renfermés dans un récipient plein d'air, ils ne l'altéraient nullement ; enfin, la même expérience répétée à la température 8°5 R. donnait des résultats tout différents : la décomposition de l'air devenait sensible et au bout de quelques heures, l'oxygène de l'espace limité avait complètement disparu.

En ôtant à un escargot la partie de la grande volute de la coquille qui couvre le poumon, ce qui permet de voir l'orifice du sac pulmonaire, les mouvements de cet organe, ceux du cœur, et la circulation du sang dans la veine pulmonaire, puis en soumettant l'animal ainsi préparé, pendant l'hiver, à des variations de température, Spallanzani constata qu'avec l'abaissement de la température, les mouvements du poumon devenaient plus rares, les battements du cœur moins fréquents et la circulation plus lente. Si l'animal est placé dans une atmosphère à 0 degré, « le poumon perd son rythme », le cœur cesse bientôt de battre et la circulation s'interrompt. Si le limaçon est maintenu plusieurs heures ou plusieurs jours à cette basse température (0 degré ou — 1 degré R.), les organes restent en repos ; ils ne reprennent leur activité que lorsque la température ambiante s'élève : les mouvements respiratoires reparaissent les premiers, puis les « vibrations du cœur », en même temps la circulation du sang reprend son cours[1].

[1] L'oxygène est indispensable : si l'animal au lieu d'être dans l'air est placé dans l'azote, malgré l'élévation de la température l'arrêt des fonctions subsiste ; elles reprennent par insufflation d'air dans les poumons.

De ces expériences, Spallanzani conclut que, « lorsque la température descend au degré — 1, la destruction du gaz oxygène est finie ; mais alors, la pulsation du cœur et la circulation des humeurs sont suspendues. Il est vraisemblable que cette suspension des mouvements du cœur et des fluides dure dans ces limaçons pendant l'hiver. »

Pour savoir si l'opercule[1] de ces Hélices est imperméable, Spallanzani prit deux escargots operculés, enleva l'opercule de l'un d'entre eux, puis les mit chacun sous une cloche close à la température de 15 degrés R. « Après trente-deux heures, l'air où le limaçon découvert avait vécu perdit un cinquième de son gaz oxygène, et l'air de celui qui avait conservé son couvercle en avait conservé 10 degrés ; dans l'atmosphère du premier, il s'était formé 7 degrés d'acide carbonique, et dans l'atmosphère du second 2 degrés 5. Quoique ce couvercle soit formé par deux pellicules transparentes et très fines, on voit donc qu'elles sont pénétrées par l'air et qu'elles n'avaient servi que comme un tamis pour la décomposition de la plus grande partie du gaz oxygène de l'air... Il résulte de ces expériences que les limaçons qui sont enfermés pendant l'hiver par ce couvercle recouvrant l'ouverture de leurs coquilles et qui sont alors dans un état léthargique, n'y sont réduits que parce que les fonctions de leur vie sont suspendues en eux et que c'est à cette suspension qu'il faut attribuer l'inaltérabilité de l'air qui les entoure, puisque l'air peut aisément arriver jusque dans leur intérieur au travers des pores de la terre, et de la finesse de leurs enveloppes[2]. »

Spallanzani observa également l'hélice de Portugal (*Helix lusitanica* L.). Ce limaçon, plus sensible que l'hélice livrée à l'abaissement de la température, se cache sous terre plus tôt en automne et sort plus tard au printemps ; expérimentale-

[1] Spallanzani fit quelques recherches pour déterminer la constitution de l'opercule des Hélices. Celui-ci, comme la coquille, serait formé de « deux membranes » dont une calcaire.

[2] *Loc. cit.*, p. 154.

ment, Spallanzani constata qu'ils tombent en léthargie à 2 degrés R. et sont tués à 0 degré. Ces Hélices s'enferment par un couvercle « membranaceo-calcaire », très épais et très résistant que Spallanzani déclare imperméable à l'air, car ayant scellé un tube dans l'opercule avec de la cire à cacheter, puis remplissant ce tube de mercure et le retournant sur un vase plein de mercure, il remarqua que pendant une journée entière les seules variations du niveau du mercure dans le tube furent celles du baromètre voisin.

Ce savant italien analysa, à plusieurs reprises et à des époques différentes, l'air renfermé dans des hélices de Portugal operculées; pour cela, le couvercle de plusieurs de ces animaux fut rompu « dans l'appareil pneumatique à mercure » et le gaz qui en sortit analysé dans l'eudiomètre de Giobert. Au commencement de décembre, c'est-à-dire deux mois après la clôture de ces mollusques, ce gaz « était aussi pur que l'air commun... (il ne renfermait) presque point de gaz acide carbonique, 20 degrés de gaz oxygène et 80 degrés de gaz azote » ; le 15 février, les résultats furent identiques, entre les deux expériences la température avait varié de 4 à 7 degrés R. Le 7 avril — époque à laquelle les limaçons commencent à sortir de leur coquille — trois expériences furent faites. Dans la première, l'air contenait « 4 degrés $\frac{1}{3}$ de gaz carbonique » mais « 9 degrés » d'oxygène avaient disparu ; dans la deuxième, il y avait « 5 degrés » de gaz carbonique, et « 7 degrés $\frac{1}{2}$ » d'oxygène avaient été détruits ; dans la troisième, le gaz renfermait « 6 degrés » de gaz carbonique, et « 8 degrés » d'oxygène avaient disparu ; quant à la teneur de l'air en azote, les trois analyses montrèrent qu'elle n'avait pas changé. Cette « décomposition » de l'air emprisonné sous l'opercule est pour Spallanzani « la principale cause qui force ces limaçons à sortir de leurs prisons où ils se trouvent, dit-il, aussi mal à leur aise que dans un tube rempli d'air commun qui commence à se décomposer [1] ».

[1] *Loc. cit.*, p. 205.

Pour établir, sans ôter l'opercule, « les degrés précis d'altération produits (sur l'air) par la chair de ces animaux sans leur ôter leur coquille », cet auteur scella un tube dans l'opercule d'une hélice de Portugal, puis, l'ayant rempli de mercure, y fit passer un volume déterminé d'air « de manière que cet air touchât l'animal renfermé » ; entre 3°5 et 6 degrés R. l'air ne fut pas altéré ; vers 9 degrés R. il y eut production de gaz carbonique et l'oxygène fut détruit[1].

Spallanzani observa également les pertes de poids subies par les Hélices pendant l'hivernage ; les résultats fournis par un lot de six *Helix lusitanica* qui, du 10 décembre au 8 avril, furent exposées à une température qui varia entre 2 degrés et 6 degrés R., sont résumés dans le tableau suivant :

	POIDS DES ANIMAUX		PERTE de poids	PERTE TOTALE de poids
	10 décembre	10 février	10 février	8 avril
	— grains	— grains	— grains	— grains
1er exemplaire .	309	303	6	14
2e — .	304	300	4	13
3e — .	416	409	7	11
4e — .	411	405	6	12
5e — .	380	375	5	10
6e — .	391	387	4	11

De ces différentes expériences, Spallanzani conclut :

« 1° L'air commun renfermé par leur couvercle au-dedans des *Helix lusitanica* n'a, pendant tout l'hiver, aucune communication avec l'air extérieur ;

« 2° Pendant cet intervalle de temps, cet air n'est point décomposé par les limaçons, mais ils éprouvent une grande perte de poids ;

« 3° La décomposition de l'air commence quand les limaçons sont prêts à rompre leurs couvercles[2]. »

[1] Les battements du cœur se ralentissent avec l'abaissement de la température; ils cessent à 1 degré R.

[2] *Loc. cit.*, p. 258.

Des expériences analogues répétées avec *Helix itala* fournirent des résultats identiques.

Enfin, l'Abbé italien signale dans son mémoire l'engourdissement estival des Hélices : « Une longue sécheresse pendant l'été produit, dit-il, les mêmes effets que le froid de l'hiver... Pendant ces sécheresses considérables accompagnées pour l'ordinaire par une grande chaleur, les limaçons se cachent dans quelques retraites à l'abri du soleil ; ils y sont renfermés dans leur coquille par leurs couvercles membraneux et attachés à quelques corps auxquels ils restent fixés pendant cette longue suite de jours arides et embrasés. Comme ils y sont à jeun, ils y maigrissent beaucoup et même davantage que pendant l'hiver [1]. »

Au début du XIXe siècle, Draparnaud, dans le *Tableau des Mollusques terrestres et fluviatiles de la France* [2], explique que certains Gastéropodes terrestres ferment l'ouverture de leur coquille par « une cloison membraneuse ou crétacée qu'ils forment avec leur bave », et il qualifie cette cloison de « faux opercule ou épiphragme », réservant le nom d'opercule à « la pièce testacée ou cornée qui est fixée ordinairement au-dessus de la partie postérieure du pied de certains gastéropodes et qui leur sert à fermer l'ouverture de leur coquille ». Cet auteur remarque également que cet épiphragme, d'épaisseur variable, est ordinairement plat (excepté chez *Helix naticoïdes*, où il est convexe), et que certains gastéropodes forment quelquefois deux ou trois épiphragmes distincts et successifs dans l'intérieur de leur coquille ; mais il ne relate aucune observation sur l'hibernation, se bornant à déclarer que l'animal « défendu par son opercule ou ses épiphragmes contre l'action de l'air et des agents extérieurs (froid et chaleur), peut rester plusieurs mois dans un état d'immobilité complète et de torpeur ; il ne

[1] *Loc. cit.*, p. 222.

[2] J. Draparnaud, *Tableau des Mollusques terrestres et fluviatiles de la France*, à Montpellier et à Paris, an IX (1801).

transpire presque point et supporte ainsi aisément de très longues abstinences[1] ».

Quelques années plus tard, en 1817, dans le *Mémoire sur la Limace et le Colimaçon*, Cuvier[2] ne fait qu'une brève allusion à l'hivernage de ce dernier, il signale seulement la sécrétion, par le bourrelet externe du collier, de l'opercule calcaire et fait remarquer que cette pièce « entièrement libre et distincte du corps de l'animal » est produite comme la coquille et a la même constitution, puisque, plongée dans l'acide nitrique, il reste après dissolution de sa partie calcaire un tissu gélatineux.

Dans l'article Helice, du *Dictionnaire des sciences naturelles* (1821) de Blainville[3] se borne à rappeler l'hibernation de la plupart des hélices à la fin de l'automne ainsi que leur engourdissement estival; mais, l'année suivante, B. Gaspard publia un *Mémoire physiologique sur le colimaçon*[4], où sont consignées toute une série de recherches sur « l'état de sommeil ou d'hivernation » de cet animal. Ayant recueilli, en octobre 1818, un grand nombre de ces mollusques et les ayant parqués, il s'efforça de déterminer le mécanisme de leur occlusion, les causes de cette occlusion puis celles du réveil; enfin, il étudia ce que devenaient les principales « fonctions vitales » pendant l'engourdissement.

D'après cet auteur, dans les climats tempérés, dès les premiers froids de l'automne, c'est-à-dire au commencement d'octobre — un peu plus tôt dans les pays de montagnes et un peu plus tard dans les plaines — les colimaçons se groupent dans les fossés, les broussailles, les haies et cessent entièrement de manger pendant un jour ou deux. « Alors, chaque individu

[1] *Loc. cit.*, p. 21.

[2] Cuvier, *Mémoires pour servir à l'histoire et à l'anatomie des mollusques*, Paris, 1817; Mémoire sur la Limace (*Limax* L.) et le Colimaçon (*Helix* L.).

[3] De Blainville, article Hélice, *Dictionnaire des sciences naturelles*, t. XX, 1822.

[4] B. Gaspard, D. M., Mémoire physiologique sur le colimaçon (*Cochlea pomatia* L. ou *Helix pomatia* L.) (*Journal de physiologie expérimentale et pathologique*, par F. Magendie, 1822, Paris).

creuse avec la partie antérieure de son pied musculeux un trou de capacité à contenir au moins sa coquille, l'agrandit et l'arrondit en s'y contournant par côté avec celle-ci, puis se retourne tout doucement en rampant d'abord contre la paroi latérale du gîte et ensuite contre la paroi supérieure formée soit de mousse ou feuillages, soit d'un peu de terreau ramené par le mouvement de l'animal. Lorsque ce dernier est parvenu à tourner contre le ciel, dans une situation à peu près horizontale, l'ouverture de sa coquille, il s'arrête. Bientôt, il retire tout son pied à l'intérieur, étend par-dessus pour le recouvrir complètement, son collier ou sa fraise actuellement d'une grande blancheur et tient entr'ouverte pendant quelque temps sa trachée pulmonaire pour aspirer de l'air. Ensuite, il ferme ou resserre celle-ci, et fabrique, avec sa glu tenace, une membrane soyeuse, interposée entre la surface du collier et les corps étrangers supérieurs dont le contact nuirait. Aussitôt après, la fraise sécrète abondamment sur toute son étendue un suc très blanc qui se fige à l'instant avec uniformité, comme de la chaux liquide ou du gypse en formant ainsi une porte solide, épaisse d'environ une demi-ligne. Lorsque cet opercule est ainsi endurci, l'escargot en sépare la fraise par une autre toile aranéiforme plus forte que la première ; puis, au bout de quelques heures, il chasse de son poumon l'air qu'il y avait introduit en abondance, se retire par ce moyen plus au fond dans sa coquille, fabrique une seconde cloison, mais uniquement membraneuse, se retire encore davantage en expirant de nouveau de l'air et souvent enfin se fait ainsi successivement une troisième, quatrième, cinquième, sixième cloison avec autant de cellules aériennes intermédiaires[1]... Ces animaux s'enfoncent plus ou moins en terre, selon que celle-ci est plus ou moins meuble et perméable ; et ils se trouvent assez constamment exposés au sud et à l'abri des inondations[2]. »

[1] Les cloisons membraneuses intérieures seraient plus nombreuses à la fin qu'au commencement de l'hiver et chez les escargots de montagnes que chez ceux de plaine.

[2] *Loc. cit.*, p. 297-298.

Le travail de chaque individu dure deux ou trois jours, mais la clôture générale des limaçons se fait pendant tout le mois d'octobre. Ayant observé l'occlusion en automne 1818, Gaspard remarque que sur trente-trois escargots « deux seulement se sont clos de 2 à 5 degrés ; 20 de 5 à 10 degrés ; sept de 10 à 15 degrés et quatre de 15 à 20 degrés » ; la clôture commencée le 6 octobre devint plus active après le milieu d'octobre, époque à laquelle le thermomètre descendit subitement de 13 à 6 degrés R. ; tous étaient clos le 10 novembre.

Gaspard croit que les limaçons ferment leur coquille par un opercule, au début de l'hiver, afin de « se garantir de la moindre congélation qui les fait périr promptement quand ils y sont exposés à nu, tandis que, quand ils sont retirés sous leurs cloisons calcaires ou membraneuses superposées, ils résistent à un degré de froid même assez fort[1] ».

Ayant, en effet, exposé, en décembre 1818, pendant plusieurs jours à la température — 1 degré R., — 2 degrés R., un limaçon qu'il avait empêché de se clore, cet animal se retira immédiatement dans sa coquille et mourut rapidement ; à la même époque ayant maintenu dans un vase un certain nombre de petits escargots à la température — 2, — 3, — 4, et même — 5 degrés R., tous périrent, sauf quelques-uns qui s'étaient fabriqué une cloison membraneuse ; enfin, ayant reçu en février 1820 une centaine de colimaçons qui avaient subi une température de plusieurs degrés au-dessous de zéro, il constata la mort de tous les individus dont l'opercule n'était pas intact, tandis que ceux dont l'épiphragme n'avait pas été brisé étaient vivants. Cette dernière observation est confirmée par toute une série d'expériences sur la résistance au froid des Hélices operculées. Des escargots exposés quelques heures ou quelques mois à — 5 degrés R. (froid naturel ou artificiel), n'en souffrirent point et sortirent très vigoureux au printemps ; dans un autre lot, soumis de la même manière à la température

[1] *Loc. cit.*, p. 303.

— 6 degrés R., quelques individus seulement furent trouvés morts en avril dans leurs coquilles ; quelques autres semblèrent moins robustes, mais le plus grand nombre ne fut pas incommodé par ce refroidissement prolongé.

Les limaçons furent complètement gelés « avec épanchement de quelques gouttes de sang par-dessus la fraise », à — 7 degrés R. ; un dégel lent et gradué ranima ces animaux qui moururent quelques semaines après ; exposés à la température — 8 degrés R. les limaçons présentent après le dégel pendant un jour ou deux de légers indices d'irritabilité ; enfin, tous ceux qui avaient été maintenus à — 9, — 10, — 11, — 13 degrés R., ne manifestèrent après le dégel aucune irritabilité soit au cœur, soit au collier.

Quant à « la cause occasionnelle » qui détermine au début de l'hiver l'engourdissement de l'animal et la formation de l'épiphragme, Gaspard croit que c'est le froid car, en maintenant des escargots entre 10 et 20 degrés R. pendant l'automne et l'hiver il parvint à en empêcher quelques-uns de se clore ; le froid ne doit pas être cependant l'unique facteur, puisque dans les expériences faites il vit d'une part les animaux s'operculer aussi vite dans une atmosphère chauffée qu'à l'air libre ; d'autre part la clôture se faire presque indistinctement à 3, comme à 20 degrés R.

Sous notre climat, l'escargot reste enfermé dans sa coquille jusqu'au printemps ; la date de sa sortie varie un peu pour la même région avec les conditions météorologiques de l'année ; Gaspard signale qu'en 1818 les Hélices ne sortirent qu'à la fin d'avril et même au commencement de mai, tandis qu'en 1822, dès le 15 mars, ces mollusques étaient revenus à la vie active ; le réveil coïncide avec une température d'environ 12 degrés R. Le mécanisme de la sortie est ainsi décrit par cet auteur : « Il leur suffit au printemps, pour sortir, d'aspirer successivement dans leur trachée l'air expiré et déposé par eux dans chaque cellule et de rompre chaque cloison membraneuse en avançant la partie postérieure de leur pied musculeux. Lorsque ce dernier

est arrivé jusqu'à l'opercule calcaire extérieur, l'animal faisant un dernier effort, l'enfonce et le détache à l'endroit le plus évasé et à l'angle le plus obtus ; puis, insinuant peu à peu le bord tranchant de son pied entre la coquille et l'opercule, il décolle et soulève enfin tout à fait ce dernier qui quelquefois se fracture et se fend ou part même avec un certain éclat. Alors l'animal sort, voyage, et ne tarde pas à manger d'un appétit excité sans doute par une abstinence de six ou sept mois[1]. »

Gaspard ne croit pas que la chaleur soit l'unique cause du réveil des Hélices, puisque des escargots exposés au soleil ou sur une cheminée « à une chaleur sèche » de 15, 22, 25, 30 degrés R. pendant quelques jours ou quelques semaines ne sortent pas de leurs coquille, tandis que maintenus dans une grotte profonde dont la température habituelle est 8 degrés R., été comme hiver, ils reviennent toujours à la vie active en avril ou au début de mai.

Ayant submergé dans l'eau des colimaçons hivernants, puis les maintenant à une température de 10 à 20 degrés R., Gaspard vit qu'au bout de deux jours ou de trois jours au plus, ces animaux « ont enfoncé leur porte et sont sortis » ; l'expérience répétée en novembre, en janvier et en avril donna le même résultat, si ce n'est qu'en novembre, ces animaux ne sortirent pas à moins de 12 degrés R., tandis qu'en avril ils sortirent à 10 degrés et même au-dessous. La pluie produit le même effet que la submersion : par une température de 12 degrés, elle fait sortir les escargots soit en novembre, soit en avril « mieux encore, quoique plus froide, dans ce dernier mois que dans le premier » ; enfin, ces mollusques engourdis, placés dans une atmosphère humide à 12 ou 13 degrés R. (cave, écurie) se comportèrent de la même façon. De cette série d'observations, Gaspard conclut que « la cause réelle, mais triple de la sortie des limaçons est la chaleur réunie à l'humidité et au printemps[2]. »

[1] *Loc. cit.*, p. 321.
[2] *Loc. cit.*, p. 324.

Cet expérimentateur chercha à retarder le plus longtemps possible la sortie des escargots : en les maintenant à la cave au mois d'avril, il retarda leur réveil de quinze, dix-huit, vingt et même vingt-cinq jours; un lot placé dans une grotte de température constante 8 degrés se comporta sensiblement de la même façon : les animaux portés le 3 avril 1821, étaient sortis le 11 juin suivant ; ceux placés le 7 février 1822 étaient réveillés le 22 mai ; enfin, en exposant dès le mois de mars 1819 à une « chaleur constamment sèche » de 20 à 25 degrés des escargots operculés il parvint à en maintenir clos quelques-uns jusqu'en octobre ; les autres s'étaient ouverts successivement le 14 juin, le 2 juillet, le 10 août.

Ayant « introduit des limaçons hivernaux avec du sable dans des bouteilles et des fioles bien sèches puis bien scellées, pour empêcher l'humidité d'y pénétrer » et ayant placé les flacons ainsi préparés dans une cave, en mars 1821, Gaspard observa que tous ces animaux sortirent en avril ou en mai ; un seul sur onze individus demeura encoquillé jusqu'au 1er juillet. Au sujet de ces expériences, il fait remarquer que « l'inclusion de ces mollusques dans des vases bien scellés et dans un air même très sec, loin d'empêcher leur sortie, la détermine au contraire très promptement, même au milieu de l'hiver et surtout si le vase scellé est d'une petite capacité relative », il se borne à citer ce fait « sans, dit-il, pouvoir en donner une raison plausible [1]. »

L'étude « des fonctions vitales » pendant l'engourdissement hivernal est faite avec quelques détails dans le mémoire analysé. L'auteur remarque que la locomotion, la génération, les sensations, les fonctions cérébrales et nerveuses sont nulles ou suspendues pendant cette période ; il subsiste seulement — tant que l'escargot n'est pas congelé — une faible irritabilité du collier quand on le touche après avoir enlevé l'opercule ; les limaçons operculés ne mangent rien, leur dissection à la fin de l'automne et au commencement du printemps montre

[1] *Loc. cit.*, p. 326.

chez tous l'estomac vide, l'intestin rempli d'un liquide brun et épais et la fin du canal digestif vide d'excréments. Un fragment de coquille enlevé au mois de novembre, avant le froid sur un animal hivernant montre que les pulsations du cœur sont bien plus faibles et bien plus rares qu'en été ; cet organe découvert lorsqu'en hiver la température s'abaisse au-dessous de zéro, ne bat plus[1]; il est même insensible aux irritations mécaniques; si l'animal est alors soumis à une élévation de température, les mouvements du cœur recommencent mais cessent dès qu'on refroidit l'enceinte où se fait l'expérience ; en plein engourdissement la circulation est entièrement suspendue ; quant au sang, il semble le même en hiver qu'en été. Gaspard ne put étudier la composition de l'air d'un espace clos où des escargots operculés auraient vécu car, dans ces conditions, ces escargots se sont toujours éveillés ; mais, il montra leur résistance à l'asphyxie en en maintenant trois mois submergés sous l'eau froide, ou tout l'hiver sous du mercure, de l'huile ou de la graisse ; au printemps tous ces animaux sortirent bien portants de leur coquille ; enfin ayant recueilli sous l'eau « le fluide » contenu entre l'opercule et la première cloison et celui contenu dans les autres chambres, Gaspard déclare que ce gaz n'est pas altéré, puisque « une bougie plongée dans l'un et l'autre de ces gaz a continué d'y brûler comme dans l'air atmosphérique ». La chaleur animale de ces Hélices qui, en été, peut élever d'un degré la température d'un thermomètre placé dans un tas d'escargots amoncelés dans une enceinte à température constante 13 degrés R., est tout à fait nulle pendant l'engourdissement ; quant aux sécrétions et à l'absorption, ces fonctions sont également suspendues pendant l'hiver[2].

[1] Observation déjà faite par G. Harvey et M. Lister (note de B. Gaspard), Lister : *Exercitatio anatomica in qua de Cochleis, maxime terrestribus, et Limacibus agitur*, 1694.

[2] Gaspard signale qu'ayant coupé les deux grandes cornes d'un escargot, en 1818, celles-ci, qui avaient commencé à se régénérer avant l'hiver, ne prirent aucun accroissement pendant l'engourdissement.

Ces mollusques qui, operculés, supportent sans en être incommodés des froids artificiels assez intenses sont, soit en hiver, soit en été, sensibles à une forte élévation de température. A partir de 28 degrés R. ils sortent leur pied de leur coquille et à 30 degrés R. « ils le sortent en entier très promptement avec indice d'un grand malaise » ; puis, à mesure que la température s'élève, les escargots s'agitent, cachant leurs tentacules, rentrant et sortant alternativement de leur coquille ; à 39 degrés tout mouvement cesse, l'irritabilité disparaît, et les animaux sur lesquels l'expérience a été faite, semblaient morts ; cependant, refroidis graduellement à 36 degrés, la contractibilité et l'irritabilité reparurent et ils survécurent à l'expérience ; en portant la température à 40 degrés R. les limaçons se ranimèrent mais périrent au bout de quelques jours ; enfin, tous les animaux soumis à 41 ou 42 degrés R. moururent sans avoir été ranimés par un refroidissement graduel.

Gaspard fit toute une série d'expériences pour savoir comment se comportaient les Hélices lorsqu'on leur enlève leur opercule peu après sa formation. Suivant la température à laquelle l'expérience fut réalisée, les résultats obtenus furent notablement différents : entre 12 et 15 degrés R. (et dans des conditions convenables d'humidité), si l'escargot a des aliments il se met à manger, sa fraise devient très blanche ; au bout de huit jours, il se creuse un gîte dans le sol et s'opercule comme s'il le faisait pour la première fois ; entre 8 et 10 degrés R., l'escargot mange peu, s'enfouit, mais son opercule reste mince et flexible, peu calcaire ; entre 3 et 6 degrés, l'animal ne mange rien, a peine à marcher ou à se mouvoir, se colle quelque part et se clôt par un épiphragme exclusivement membraneux ; quelquefois même il reste engourdi sans s'operculer jusqu'au printemps ; enfin, lorsque la température est un peu inférieure à 0 degré, l'animal ne se clôt pas et meurt rapidement.

Après cette série d'observations et d'expériences relatives aux escargots hivernants quelques pages de ce travail traitent

de l'engourdissement estival de ces mollusques : « Dès que le terrain devient trop sec, ces animaux pour qui l'humidité est de première nécessité, paraissant comprendre qu'ils s'épuiseraient bientôt à produire un excès de mucus glutineux pour ramper, s'arrêtent, se collent à un corps voisin quelconque, comme pierre, arbre, feuillage, mur, etc., au moyen d'une bande circulaire soyeuse, ferme et résistante sécrétée uniquement par la périphérie au rebord de la fraise sous laquelle ils retirent ensuite leur pied. Dans cette bande membraniforme, il existe vis-à-vis l'orifice de la trachée une tache blanche calcaire très fragile, d'environ une ligne de diamètre, laquelle, après un certain temps, est souvent fracturée ou même remplacée par une véritable ouverture. Les limaçons restent ainsi collés nuit et jour pendant que la sécheresse dure ; mais aussitôt qu'il tombe une pluie, même très courte et très légère, ils se décollent et voyagent. On les fait décoller aussi à volonté en les arrosant un peu, ainsi que le local voisin. Si le sol n'est pas très sec, que ce soit un pré par exemple, et qu'il y ait de fortes rosées nocturnes, ces animaux ne restent collés que de jour et voyagent la nuit. S'il arrive que par quelque accident la bande circulaire soyeuse qui attache le pourtour de la coquille au corps voisin soit rompue, et que le limaçon tombe, souvent alors il se fabrique, sur toute la surface du collier ou de la fraise, une cloison membraneuse complète quelquefois même un peu blanche, opaque, calcaire, semblable à celle que l'animal se forme en hiver quand on lui a enlevé son opercule[1]. » Pendant la longue sécheresse de 1818, les escargots restèrent collés et immobiles pendant les trois mois entiers de juin, juillet et août pendant lesquels il ne tomba aucune pluie ; il en fut de même en 1822.

Mais cette torpeur estivale ne parait pas à Gaspard comparable à l'engourdissement hivernal, parce que dans cet état les Hélices respirent, leur cœur bat vingt-cinq à vingt-huit fois par

[1] *Loc. cit.*, p. 329-330.

minute et que la nutrition n'est pas suspendue, puisque « les limaçons collés aussitôt après l'accouplement et la fécondation ont cependant pondu au terme accoutumé, c'est-à-dire après plus de trois semaines d'engourdissement apparent, ce qui prouve que les œufs ont pris leur accroissement nutritif [1] ».

Cette important mémoire sur l'hibernation d'*Helix pomatia* L. fut suivi de quelques observations faites par J.-F. Berger [2] et publiées en 1828 dans les *Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*. Cet expérimentateur conserva depuis l'automne 1824 jusqu'au printemps suivant, dans une boîte placée dans une chambre non chauffée, un lot de soixante escargots engourdis, préalablement pesés ; sept périrent pendant l'hivernage, cinq autres furent détruits accidentellement ; il nota la date du réveil des quarante-huit survivants ainsi que leur poids à la fin de la léthargie ; il obtint les résultats suivants qui montreraient « peut-être que la perte de poids suit une progression croissante relativement à la prolongation de la léthargie ».

NOMBRE DES ESCARGOTS sortis chaque mois de léthargie —	DURÉE MOYENNE de la léthargie — jours	PERTE DE POIDS proportionnelle, depuis les premières pesées aux secondes —
Mars 13 [3]	161,37	0,095
Avril 3	178,66	0,134
Mai 16	217,62	0,136
Juin 12	236,08	0,146
Juillet. 2	259,33	0,187
Août 1	311,00	0,228

Berger chercha à déterminer si des Hélices privées de leur épiphragme pendant l'engourdissement le régénéraient. Pour

[1] *Loc. cit.*, p. 331.

[2] J.-F. Berger : « Expériences et remarques sur quelques animaux qui s'engourdissent pendant la saison froide » (*Mémoires du Muséum*, t. XVI, 1828).

[3] Ils sortirent tous à la fois de leur engourdissement le 31 mars (note de Berger).

cela, en janvier 1815, il enleva le couvercle de huit escargots engourdis, puis les exposa à l'air libre, mais à l'abri de la pluie, avec sept autres operculés; aucun des escargots découverts ne sécréta un nouvel opercule, mais tous se fermèrent par une membrane transparente; trois de ces animaux vivaient encore à la fin du mois d'avril.

Tandis que Férussac et Deshayes[1], Dupuy[2], Moquin-Tandon[3] se bornent, dans leurs *Traités de malacologie*, à signaler les conditions externes de l'hibernation des Hélices (leur enfouissement dans le sol en automne, leur fermeture par un opercule ou épiphragme calcaire en hiver, muqueux en été, de forme variable suivant les espèces), Fischer[4] donne quelques détails sur la formation de l'opercule chez les gastéropodes terrestres. « Lorsqu'un mollusque veut construire son épiphragme, on le voit se retirer dans sa coquille dont il affleure les bords. Le collier recouvre l'animal en entier et présente une surface lisse un peu bombée vers le centre. On y remarque trois légères dépressions dont l'influence est assez notable sur la constitution de l'épiphragme : 1° Près de la réunion du bord droit avec la columelle, un sillon circulaire correspondant à l'orifice respiratoire; 2° au-dessous de celui-ci, une petite ride indiquant l'anus; 3° vers le centre, une fissure provenant de la réunion des bords du collier et sous laquelle se trouve la tête de l'animal. L'orifice pulmonaire étant fermé, on voit bientôt apparaître une pellicule transparente qui s'épaissit peu à peu, excepté aux points correspondant aux trois dépressions signalées chez l'animal et qui peuvent rester quelque temps ouvertes. Mais, dans la suite, les fissures se

[1] Férussac et Deshayes, *Histoire naturelle générale et particulière des mollusques terrestres et fluviatiles*, 4 v. Paris, 1829-1855.

[2] D. Dupuy, *Histoire naturelle des mollusques terrestres et d'eau douce qui vivent en France*, 1847-1851.

[3] A. Moquin-Tandon, *Histoire naturelle des mollusques terrestres et fluviatiles de France*, Paris, 1855.

[4] Paul Fischer, Du sommeil et de l'hibernation des Gastéropodes terrestres (*Mélanges de conchyliologie*, Bordeaux 1854).

comblent et l'épiphragme est partout également résistant. » La production de l'épiphragme par le collier n'est pas identique à celle de la coquille; en effet, « le bord externe ou collier du manteau sécrète l'épiderme et les couches sous-jacentes de la coquille ornées parfois des couleurs les plus agréables. Mais tout l'organe sert à la sécrétion et les autres parties donnent une matière calcaire d'un blanc sale ou brunâtre qui, souvent, répare des fractures et se dépose par couches successives à l'intérieur de la coquille. Dans l'hibernation, la face externe du collier est étalée sur le corps et les bords, contractés et rapprochés, se touchent et ne peuvent rien produire; aussi, l'épiphragme est-il une matière unicolore, le plus souvent blanchâtre, formée de toute pièce et ne s'accroissant qu'en épaisseur ». Fischer rappelle que l'épiphragme a la même épaisseur que la coquille et est très blanc chez *Helix pomatia* L., *H. aperta* Born., *H. tristis* Pfeiff.; il est brun roussâtre et cartilagineux chez *Helix aspersa* L.; d'une façon générale, il est d'autant plus convexe et affleure d'autant plus que l'animal est gros (*Helix aperta* Born., *H. tristis* Pfeiff., *H. pomatia* L.); tandis qu'il est enfoncé dans la coquille quand le mollusque est maigre (*Helix lactea* M., *candidissima* Drap.). Indépendamment de l'épiphragme qui affleure le péristome et, lorsque le froid est très vif, l'animal construit d'autres cloisons en se retirant peu à peu dans sa coquille; ces nouvelles formations sont toujours plus minces que la première; chez *Helix pomatia,* le deuxième et le troisième épiphragme sont jaunâtres ou verdâtres, malléables; le dernier sécrété ressemble à une pelure d'oignon, tandis que le premier était d'un blanc mat et cassant. Fischer fait aussi remarquer que, souvent, des Hélices passent des hivers entiers sans former d'épiphragmes complets; c'est le cas de celles qui s'agglutinent entre elles; l'animal dont l'ouverture repose sur une autre coquille unit solidement ce test à son péristome en sécrétant tout autour la matière de l'épiphragme qui « a pour but seulement d'intercepter la communication entre l'air et le système cutané du mollusque »; quelquefois

enfin, des Hélices s'accolent bouche à bouche, soudent leurs deux épiphragmes, formant ainsi une cloison commune. Cet auteur donne également quelques détails sur la physiologie de l'hibernation. A son avis, l'opercule clôt parfaitement la coquille et est imperméable à l'eau et à l'air[1]; il ne croit pas qu'entre l'animal et l'opercule il y ait un « réservoir d'air », car, en enlevant l'opercule sous un liquide, il ne vit pas s'échapper de bulles d'air; « s'il existe de l'air, il est renfermé dans l'intérieur de la coquille, les replis de la tête et du pied, enfin dans la cavité respiratoire, comme on le démontre en excitant l'animal qui, en se contractant, expulse par la fissure palléale des bulles, puis un mucus écumeux. Malgré de nombreux attouchements, la poche pulmonaire en contient toujours et le conserve. Ce peu d'air suffit à la respiration de l'animal pendant un temps très long; aussi cette fonction est-elle très ralentie, ainsi que la plupart des autres. La digestion, la défécation n'ont pas lieu, car l'animal jeûne. La sécrétion de la coquille est complètement interrompue et ne recommence qu'au printemps; la sensibilité se conserve par le collier. En effet, si l'on enlève l'épiphragme sans toucher le mollusque, il ne paraît pas d'abord impressionné par l'air, mais après quelques minutes l'orifice pulmonaire s'ouvre, afin de renouveler sa provision d'air. Un nouvel épiphragme se forme plus tard. La sensibilité est alors remarquable, il suffit d'un léger choc de la coquille, de l'excitation passagère de l'air pour déterminer la fermeture de l'orifice pulmonaire. »

Enfin, Fischer rappelle que la formation de l'épiphragme n'est pas seulement la conséquence du froid et qu'une grande sécheresse ou une abstinence prolongée la provoque. « Sous des latitudes plus chaudes, l'hibernation, dit-il, commence avec l'été. Quand les chaleurs persistent, *Helix tristis* Pfeiff. de Corse s'enfonce à plus de 60 centimètres au-dessous du sol et passe plusieurs mois dans l'immobilité. Il reparaît à la fin

[1] Aucune expérience n'est décrite.

de l'automne, la nuit seulement. *Helix Durieusi* Moq.-Tand., découverte à Calle par M Durieu, hiberne également pendant l'été et s'enfonce dans le sable pur en ne faisant passer extérieurement que le sommet de la spire qui, par sa couleur noire, tranche sur le sable blanc des dunes et met l'explorateur sur sa trace. »

En 1882, Krukenberg[1] signala, en hiver, dans le suc intestinal des escargots (liquide sécrété par le foie) l'existence d'un pigment qu'il appela hélicorubine et qui, en solution alcaline, donne au spectroscope des raies d'absorption ressemblant beaucoup à celles de l'hémoglobine. L'année suivante, Barfurth[2], dans certaines cellules du foie qu'il qualifie de cellules calcaires *(Kalkzellen)* mit en évidence la présence de nombreuses granulations de phosphate de chaux ; ces granulations sont beaucoup moins nombreuses dans le foie des Hélices réveillées de leur sommeil hivernal ; de plus, tandis qu'en été la quantité des cendres du foie rapportée au poids total du tissu desséché est de 20 à 25 pour 100, elle n'est en hiver que d'environ 10 pour 100. Ce phosphate de chaux serait accumulé pendant l'été, afin que l'animal puisse, en automne, consolider son épiphragme ; l'analyse chimique montre, en effet, que l'opercule est relativement riche en phosphate de chaux, puisqu'il en contient 5 pour 100, alors que dans la coquille on en trouve à peine 1 pour 100 ; de plus, pour achever de démontrer son hypothèse, comme l'épiphragme est sécrétée par des glandes logées dans l'épaisseur du bourrelet du manteau, Barfurth analysa à différentes époques des fragments de celui-ci ; il trouva qu'au printemps et en été le bourrelet du manteau ne renferme pas d'acide phosphorique, alors que le foie en est très riche et qu'au contraire, en automne, à l'approche de l'hivernage, le bourrelet contient une grande quantité de

[1] Krukenberg, Ueber das Helicorubin und die Leberpigmente von Helix pomatia Vergleich *(Physiol. Studien.*, II Reche, 2e Abth., 1882, p. 63).

[2] D. Barfurth, Ueber den Bau und die Thätigkeit der Gasteropodenleber *(Arch. für mikrosk. Anatomie*, t. XXII, 1883, p. 473).

phosphate de calcium, tandis que cette substance disparaît complètement du foie.

Dans le mémoire du professeur E. Yung[1] intitulé : *Contribution à l'histoire physiologique de l'escargot (Helix pomatia* L.), on trouve toute une série d'observations sur l'hivernage de ce mollusque. Les premières sont relatives à la durée de l'hibernation ; elles ont porté sur une période de cinq années et ont été faites soit à Genève (altitude 330 mètres), soit à Sonzier, hameau voisin du lac Léman (580 mètres).

	RÉVEIL		DISPARITION TOTALE EN AUTOMNE	
	Genève	Sonzier	Genève	Sonzier
	—	—	—	—
1882.	29 mars	11 avril	3 novembre	7 octobre
1883.	4 avril	16 —	18 —	5 —
1884.	9 mars	2 —	30 octobre	24 septembre
1885.	16 —	2 —	9 novembre	1er octobre
1886[2].	25 avril	6 mai		

La durée de l'hivernage varie donc entre quatre mois et demi et six mois et demi, selon les conditions climatériques, la température, le degré d'humidité. E. Yung fait remarquer qu'en février, même lorsque ce mois est « chaud et humide », jamais on n'a trouvé dans les localités citées d'escargots éveillés ; que la température moyenne des mois où ils s'éveillent est à peu près la même que celle des mois où ils s'endorment et que les différences notées entre Genève et Sonzier au sujet de la date du réveil et de celle du début de l'hivernage proviennent probablement de la différence d'altitude. En plaçant des escargots endormis dans un lieu sec et froid, cet auteur prolongea leur sommeil et leur inanition ; en particulier, une Hélice endormie en octobre 1884 n'était pas éveillée

[1] Emile Yung, Contribution à l'histoire physiologique de l'escargot *(Helix pomatia* L., in *Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, t. XLIX).

[2] Cette année s'est montrée extraordinairement tardive.

le 30 juin 1886; l'épiphragme fut alors enlevé, l'animal immergé : il était parfaitement vivant après vingt mois d'inanition.

Normalement, pendant son sommeil hivernal, l'escargot ne prend aucune nourriture et ses fonctions sont considérablement ralenties; en particulier, le cœur qui, en juin, à 17 degrés centigrades, donne en moyenne 36 pulsations par minute, ne *pulse* plus, en hiver, de 2 à 0 degré, qu'une fois par minute ou toutes les deux minutes; l'auteur croit même qu'il doit s'arrêter complètement à quelques degrés au-dessous de zéro[1] (observations faites sur des animaux dont on avait fait sauter la coquille le long de la première spire); une variation artificielle de la température accélère d'ailleurs les battements; le 5 janvier 1885, sur un animal plongé dans de l'eau additionnée successivement d'eau chaude, E. Yung note :

A + 5 degrés,	4	pulsations	par minute.
A + 10 degrés,	12	—	—
A + 15 degrés,	17	—	—
A + 20 degrés,	26	—	—
A + 25 degrés,	38	—	—
A + 30 degrés,	54	—	—
A + 35 degrés,	50	—	—
A + 40 degrés,	des pulsations irrégulières.		

Le mémoire analysé contient un certain nombre de renseignements sur les réactions et la constitution de quelques tissus d'*Helix pomatia* en hibernation. Pendant l'hiver, la réaction du liquide de l'intestin est neutre dans sa portion antérieure, quelquefois même, sur toute sa longueur, mais le plus souvent, au débouché du canal excréteur du foie, la réaction est légèrement acide; le tissu du foie a également une réaction acide tandis que celle des glandes salivaires est neutre ; en été, au contraire, les glandes salivaires sont fréquemment alcalines et

[1] D'après J. Richard (*Revue d'Auvergne*, 1886), le cœur cesse de battre au-dessous de 0 degré (note de E. Yung).

la réaction fournie par les parois de l'intestin et le liquide hépatique est toujours acide, avec un degré d'intensité variable dont le maximum est atteint en juin et en juillet. Le protoplasma des glandes salivaires est moins riche en hiver qu'en été en mucine et en glycogène ; quant au foie, en hiver, les cellules ferments (Fermentzellen de Barfurth) sont dépourvues de concrétions colorées ; au début de l'hibernation, le foie renferme une accumulation de glycogène qui va décroissant ; des observations faites sur vingt escargots, pendant l'hiver 1884-1885, en les tuant deux par deux tous les huit jours, montrèrent que : « huit jours après la confection définitive de l'épiphragme la proportion de glycogène paraît avoir déjà notablement diminué. Après quinze jours, la solution iodée ne fait déjà plus apparaître de coloration dans les faisceaux fibrillaires et les petites cellules de substance conjonctive. Après trois semaines, les cellules plasmatiques elles-mêmes en sont assez pauvres. En comparant des séries de coupes pratiquées dans diverses directions, on acquiert la certitude que cette pauvreté est générale. Elle s'accentue à la fin du premier mois à tel point que certains individus paraissent complètement dépourvus de glycogène..... la fin de la cinquième semaine (semble devoir être indiquée) comme terme extrême au delà duquel la consommation du glycogène est achevée [1] ».

Ayant réveillé des escargots, soit en les maintenant sous une cloche humide dans le laboratoire chauffé après les avoir débarrassés de leur épiphragmes calcaires et membraneux, soit en les ayant immergés deux ou trois heures dans l'eau, ce qui les fait sortir complètement de leur coquille en raison des efforts qu'ils font pour combattre l'asphyxie, E. Yung observa que les individus ainsi réveillés reprennent bientôt leur état normal, mangent un jour ou deux quoique sans grand appétit ; abandonnés à eux-mêmes, ils se retirent dans leur coquille et s'endorment sans sécréter un nouvel épiphragme ; mais la morta-

[1] *Loc. cit.*, p. 62.

lité chez les Hélices ainsi dérangées de leur hibernation est considérable : sur cent mollusques éveillés par submersion en janvier 1884 et qui pendant trois jours avaient été nourris de pain, soixante-trois seulement étaient encore vivants au mois d'avril.

Cet auteur essaya de déterminer expérimentalement l'action du froid sur des escargots engourdis. Le 28 janvier 1884, trois *Helix pomatia* endormis, à épiphragme absolument intact, furent placés avec trois *Helix pomatia* préalablement réveillés par une immersion dans l'eau de une heure et demie (mais encoquillés depuis la veille) dans un vase de verre hermétiquement clos. Ce récipient, refroidi d'abord par de la glace pilée, puis dans un mélange de glace et de sel marin, fut soumis, pendant quatre heures à une température d'environ — 100 degrés C, obtenue par l'évaporation, à la température du laboratoire (+ 9 degrés C.), d'acide sulfureux et de protoxyde d'azote liquides. Après un réchauffement progressif (trois heures), les animaux sortis du vase ne donnaient plus aucun signe de vie ; ils ne réagissaient ni à une excitation mécanique ni à un fort courant d'induction. Submergés dans l'eau, les animaux découverts ne tardèrent pas à se décomposer, tandis que les autres manifestèrent quelques mouvements d'extension ; l'un d'eux mourut sans être sorti de sa coquille, les deux autres complètement étendus donnèrent des signes de sensibilité vingt-quatre heures après la fin de l'expérience : un faible courant d'induction appliqué sur le pied les fit rentrer dans leur coquille et ils vidèrent leur poumon de l'eau qu'il renfermait ; ils abandonnèrent aussi une assez forte quantité de mucus ; placés dans un local humide, ils mangèrent dès le lendemain et paraissaient se bien porter.

Le 7 janvier 1885, trois *Helix pomatia* à épiphragme intact, enfermés dans un vase parfaitement clos, placé lui-même dans une cassette de bois enveloppée de substances mauvaises conductrice de la chaleur, furent soumis pendant vingt heures à un froid de — 70 degrés C. (évaporation d'acide sulfureux liquide) ; puis pendant quatre-vingt-huit heures on maintint

une température de — 70 à — 76 degrés C. par de la neige carbonique renouvelée constamment ; enfin, pendant vingt heures, par diminution de pression, la température fut abaissée de — 76 à — 130 degrés. Après un réchauffement progressif (six heures), les escargots furent sortis du récipient ; l'un d'eux avait sa coquille fendue longitudinalement sur le sommet d'une spire ; l'opercule était intact chez les trois individus, mais « l'animal retiré au fond de sa coquille était plus contracté qu'il ne l'est normalement, les tissus durcis ne réagissaient plus à une irritation mécanique » ; un escargot cependant vivait encore car il sortit de sa coquille après une immersion de quatre heures dans l'eau ; les deux autres étaient morts, le cœur était arrêté en diastole. Ces deux expériences prouvent donc « que les escargots des vignes peuvent supporter pendant leur sommeil hivernal les froids artificiels les plus intenses que nous sachions produire, tandis que le même froid les tue s'ils ont été préalablement réveillés ».

E. Yung montre aussi que les Hélices résistent mieux en hiver qu'en été à l'asphyxie par submersion[1] ; en été (juin, juillet, août), les individus de grande taille moururent tous après avoir été submergés cinquante-deux heures, alors qu'en hiver il faut pour les tuer quatre-vingt à quatre-vingt-dix heures de submersion ; les Hélices peuvent d'ailleurs survivre pendant cinq jours au vide d'une machine pneumatique.

En 1899, le professeur A. Lang[2] publia également une série d'observations sur la vie physiologique de l'escargot en hibernation. Pendant le sommeil hibernal, indépendamment de la température, la circulation est ralentie : tandis que le cœur d'*Helix pomatia* hibernant bat à 17 degrés environ vingt-trois fois par minute, en été à la même température, il bat trente-six fois ; la fréquence des battements cardiaques décroît progressivement

[1] L'eau bouillie ne paraît pas amener l'asphyxie beaucoup plus vite que l'eau ordinaire.

[2] A. Lang, Ueber den Saisonschlaf der Tiere (*Schweizerische Padagogische Zeitschrift*), IX Jahrgang, Heft VI, Dez. 1899.

avec la température : à + 9 degrés C. le cœur d'un escargot hibernant a onze pulsations par minute, à 4 degrés C., cinq pulsations seulement ; vers 0 degré cet auteur note encore trois battements par minute, mais à — 3°, 5 il n'observe plus de contractions cardiaques sensibles. Pendant l'hivernage, l'animal ne s'alimente pas ; les échanges de substances ne sont pas complètement supprimés mais seulement très ralentis ; la nourriture effective est fournie par les réserves accumulées en automne (graisse, glycogène, composés albuminoïdes) ; quant aux excrétions, elles sont extrêmement réduites : l'examen de centaines d'escargots au moment de la chute du couvercle ne montra jamais à A. Lang d'excréta libérés. L'irritabilité nerveuse, surtout à de très basses températures, est réduite au minimum, puisque les animaux réagissent d'une manière presque imperceptible aux attaques opératoires les plus énergiques.

Cet auteur a déterminé également les variations de poids de l'escargot hivernant. Du 3 décembre 1897 au 30 janvier 1898, pour des escargots hivernant dans une station naturelle, la diminution de poids fut très faible 113,6 à 113, c'est-à-dire environ 1/150 du poids initial du corps mou ; pendant le même temps, des escargots dormant dans une cave assez sèche, à une température voisine de + 5 degrés C., perdirent environ 1/27 du poids de leur corps et d'autres, hibernant à + 13 degrés C., perdirent environ 1/14. En général, la plus forte perte de poids se produit au début de l'hivernation ; ensuite, à une température constante, elle progresse d'une façon insignifiante ; elle ne redevient importante que peu de temps avant le réveil. Cette perte de poids doit être mise en première ligne sur le compte de l'évaporation qui, malgré la coquille et l'opercule, croît avec la température et la sécheresse du milieu ; mais, à une température élevée, il doit y avoir également une utilisation plus active des réserves. L'expérience montre qu'une forte perte de poids est habituellement funeste à des animaux qui semblaient sains auparavant : au printemps, ils sont incapables de faire tomber leur opercule : cependant, si on les

aide à s'ouvrir et qu'on les recueille sous l'eau tiède, ils peuvent s'éveiller et revenir à la vie. A. Lang note aussi que, dans la nature, tout escargot qui pendant l'hiver a perdu son opercule, s'est éveillé, meurt toujours à plus ou moins brève échéance ; il s'alimente peu et n'a pas la force de s'enfoncer de nouveau dans la terre et de régénérer un nouvel opercule calcaire. En définitive, les conditions les meilleures pour l'hivernage de l'escargot sont réalisées lorsque, après s'être operculé bien portant, il est « bien protégé contre l'évaporation, lorsque la température de sa résidence d'hiver ne tombe pas trop longtemps au-dessous de — 3 degrés, lorsque cette même résidence ne devient jamais assez chaude et en même temps assez humide pour qu'il se réveille, et lorsque la température à laquelle il se trouve oscille le moins possible et s'élève le moins possible au-dessus de 0. Les résidences d'hiver qu'occupent les escargots des vignes réalisent dans la nature le mieux possible ces conditions, en ce sens qu'ils s'enfoncent dans la terre à une profondeur de 25 à 35 centimètres. »

Quelques expériences méthodiques furent faites en 1900 par le professeur R. Dubois[1] pour déterminer les facteurs de l'hivernation chez *Helix pomatia*. L'analyse des gaz contenus : 1° dans des escargots en torpeur hivernale ; 2° dans des escargots éveillés[2], montre que pour 100 grammes de leurs poids les premiers fournissaient 2 c.c. 2 de gaz carbonique tandis que les seconds n'en donnaient que 0 c.c. 84 ; pendant l'hivernage il y avait donc accumulation de gaz carbonique dans les tissus. D'autre part, au mois de mars, des escargots endormis furent introduits dans une cloche traversée par un courant d'air sec ; ils y restèrent dix jours sans se réveiller ; le dixième jour, la cloche ayant été traversée par un courant d'air saturé d'humidité, vingt-quatre heures après les mollusques étaient tous réveillés. Une autre expérience faite

[1] R. Dubois, Sur le sommeil hivernal chez les invertébrés (*Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 1900).

[2] L'extraction était faite par le vide.

sur des escargots en torpeur estivale confirme le rôle de l'humidité dans le réveil. En juin, six escargots avec un opercule membraneux furent complètement immergés dans l'eau : au bout d'une heure, ils sortirent de leur torpeur et se mirent à marcher ; après les avoir essuyés avec du papier à filtrer, on constata que leur poids avait augmenté de 25 grammes ; ces animaux abandonnés au contact d'une atmosphère sèche de 20 à 22 degrés se rendormirent le lendemain ; ils reformèrent leur opercule membraneux et avaient perdu 17 grammes ; enfermés le lendemain dans un torchon humide, au bout de six heures ils se ranimèrent et avaient augmenté de 13 grammes. De ces expériences, dont les résultats concordent avec ceux fournis par des recherches antérieures sur l'hivernation des vertébrés à sang chaud, le professeur R. Dubois conclut que les causes essentielles de la torpeur hivernale ou estivale sont l'accumulation du gaz carbonique et la diminution de l'eau dans la substance vivante.

PREMIÈRE PARTIE

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES CAUSES DE L'HIBERNATION CHEZ *HELIX POMATIA* L.

Les observations de nombreux naturalistes sur les conditions externes qui accompagnent le début et la fin de l'hibernation chez *Helix pomatia*, les expériences imaginées par Gaspard, ont prouvé depuis longtemps que la chaleur et l'humidité étaient des facteurs intervenant dans l'engourdissement hivernal de ce mollusque ; nous avons fait quelques expériences méthodiques afin de déterminer avec précision le rôle de chacun de ces deux facteurs.

I. — INFLUENCE DE LA CHALEUR

a) Le matin du *23 novembre 1907*, trois escargots encoquillés avec un opercule transparent sont placés sous une cloche aérée[1], dans le laboratoire, où la température moyenne est 18-20 degrés C. ; dans l'après-midi un animal rampe sur la paroi de la cloche ; on met de la salade afin que l'escargot réveillé puisse s'alimenter ; le lendemain tous les animaux sont déroulés ; le 26 novembre deux animaux rampent sur les parois de la cloche, le troisième reforme son épiphragme. Le 27 tous

[1] Les animaux observés sont placés dans des cloches ouvertes à leur partie supérieure et l'on a soin de soulever leur base afin que le gaz carbonique produit par la respiration des escargots ne s'accumule pas sous la cloche.

sont operculés; on brise leur opercule ; le 30 novembre, les trois escargots l'ont reformé ; dès la première quinzaine de décembre cet opercule devient opaque ; les animaux ainsi conservés au laboratoire sont restés operculés jusqu'en avril 1908 sans avoir jamais repris la vie active.

b) Le *24 novembre 1908*, cinq escargots sont placés sous une cloche aérée, dans le laboratoire ; ces animaux étaient munis d'un épiphragme transparent ; ils ont été conservés jusqu'au mois d'avril 1909 sans avoir manifesté aucune velléité de retour à la vie active. Leur opercule était devenu opaque.

c) Simultanément on fait une expérience analogue en plaçant, le *24 novembre 1908*, quatre escargots dans le sous-sol du laboratoire où la température moyenne est 10 degrés C. Ces animaux prennent un opercule opaque et sont conservés jusqu'en avril 1909 sans qu'ils sortent de l'engourdissement hibernal.

2. — INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ

a) Le *23 novembre 1908* quatre escargots encoquillés, clos par une membrane transparente, sont mis dans le chenil[1] du laboratoire, sous une cloche aérée avec un cristallisoir, rempli d'eau afin de saturer d'humidité l'atmosphère de la cloche ; dès le lendemain, les animaux ont perdu leur opercule et se meuvent ; on les alimente avec de la salade ; ces animaux sont restés éveillés pendant tout le mois de décembre et ne reformèrent leur opercule qu'au début de janvier 1909 ; *ils se sont clos au moment où il devint impossible de maintenir saturée d'humidité l'atmosphère de la cloche*, l'eau se congelant dans les cristallisoirs.

[1] Ce chenil est un petit bâtiment isolé, en partie vitré, où la température varie à peu près comme à l'air libre.

b) Pour l'étude des échanges respiratoires, des escargots ont été fréquemment placés dans une cloche hermétiquement close où on les laissait plusieurs jours ; toutes les fois que des animaux operculés ont été ainsi enfermés, ils ont perdu leur opercule et se sont déroulés, généralement du cinquième au sixième jour ; la cloche servant à l'expérience était placée dans le chenil du laboratoire et des animaux au même stade d'hibernation, laissés à l'air libre dans ce même chenil, conservaient leur opercule. Ce fait avait été précédemment observé par Gaspard qui le cite « sans, dit-il, pouvoir en donner une raison plausible ». Ce retour à la vie active est dû certainement à ce que l'atmosphère de la cloche où les escargots sont confinés devient humide par suite de la vapeur d'eau qu'ils émettent ; en effet, *des Hélices, au même stade de l'hibernation, enfermées dans une cloche avec du chlorure de calcium pour absorber la vapeur d'eau produite, sont restées des mois operculées.*

c) Des animaux en pleine activité placés dans une cloche close avec un corps desséchant (chlorure de calcium) s'encoquillent rapidement et forment un opercule transparent. Si les escargots sont maintenus sous la cloche un certain temps, *lorsque le pouvoir absorbant du chlorure de calcium est épuisé, on les voit perdre leur épiphragme et revenir à la vie active.*

Cette expérience répétée à la température *20 degrés*, à la température *10 degrés*, à la température *0 degré*, a toujours fourni les mêmes résultats ; de plus, les résultats ont été identiques, qu'elle ait été faite en été avec des animaux normalement en pleine activité, ou en hiver avec des animaux éveillés artificiellement.

3. — INFLUENCE SIMULTANÉE DE LA CHALEUR ET DE L'HUMIDITÉ.

a) Le *22 novembre 1907*, quatre escargots encoquillés avec un épiphragme transparent sont mis, dans le laboratoire chauffé (température moyenne 18-20 degrés C.), sous une cloche aérée et saturée d'humidité : au bout d'une heure, tous ces animaux sont sortis de leur coquille et cheminent sur les parois de la cloche ; en les alimentant avec de la salade et en les aspergeant d'eau de temps en temps ces Hélices ont été conservées en pleine activité pendant tout l'hiver 1907-1908.

b) Le *17 décembre 1907* des escargots operculés sont aspergés d'eau puis mis sous deux cloches aérées et saturées d'humidité : dès le jour suivant, quelques-uns perdent leur opercule : à la fin du mois, tous ont repris la vie active ; nourris avec de la salade et aspergés d'eau de temps en temps, ces animaux ont passé l'hiver 1907-1908, sans s'engourdir.

c) En *novembre 1908* des escargots encoquillés sont aspergés d'eau puis placés sous des cloches aérées et saturées d'humidité dans le laboratoire. Ces animaux reprennent promptement la vie active et la conservent pendant l'hiver 1908-1909.

Les animaux ainsi réveillés grossissaient, augmentaient de poids ; leur mortalité ne semblait pas supérieure à celle des Hélices conservées en hibernation.

CONCLUSION

L'état hygrométrique de l'air est le facteur externe essentiel de l'hibernation.

DEUXIÈME PARTIE

LES RÉSERVES PHYSIOLOGIQUES CHEZ *HELIX POMATIA* L. LEURS VARIATIONS PENDANT L'HIBERNATION

Les réserves étudiées dans ce travail sont l'eau, les graisses, le glycogène, les sucres, les albumines solubles; pour chacun de ces corps, des dosages ont été faits sur des animaux en pleine activité (été 1907, été 1908) et sur des animaux engourdis (hiver 1907-1908 ; hiver 1908-1909 ; chaque réserve était dosée simultanément dans le foie [1] (hépato-pancréas), la glande de l'albumine et le muscle du pied ; pour se placer autant que possible à l'abri des variations individuelles et dans des conditions normales, chaque dosage portait sur les tissus provenant de la dissection rapide de plusieurs escargots (quatre, cinq ou six), et la plus grande partie de ces animaux appartenait à deux lots d'escargots de même provenance, parqués dans le chenil du laboratoire, l'un au début de l'hiver 1907-1908, l'autre au début de l'hiver suivant.

Avant d'exposer en détail les recherches faites au sujet de chaque réserve, nous relaterons quelques observations ayant trait à la variation du poids total de l'animal pendant l'hivernage.

[1] L'hépato-pancréas étant enchevêtré d'une part, avec la glande hermaphrodite d'autre part, avec le tube digestif, on a toujours eu soin d'isoler soigneusement le tissu hépatique et en particulier de ne jamais utiliser la portion située dans le tortillon de la coquille, portion où le foie est intimement mélangé avec l'appareil génital.

1. — VARIATIONS DU POIDS TOTAL DE L'ANIMAL

Pour déterminer la variation du poids total de l'animal, deux séries d'observations furent faites, l'une pendant l'hiver 1907-1908, l'autre pendant l'hiver 1908-1909.

Le *3 novembre 1907*, huit escargots encoquillés et commençant à sécréter leur opercule furent divisés en deux lots *(lot A, lot B)*, pesés, puis mis sous une cloche largement ouverte à sa partie supérieure[1] dans le sous-sol du laboratoire; dès le 4 novembre quelques animaux se déroulèrent; ils furent nourris avec de la salade et, le 9 novembre, tous les escargots avaient repris la vie active. La température du sous-sol se maintenant tout l'hiver entre 10 degrés C. et 12 degrés C., les animaux observés furent au milieu de novembre transportés dans le chenil du laboratoire. Le 22 novembre, par un temps sec et froid, les Hélices furent de nouveau toutes encoquillées; le 27 novembre, après une journée pluvieuse, deux animaux se déroulèrent, les autres n'avaient pas encore reformé leur épiphragme; au commencement de décembre tous les mollusques étaient munis d'un opercule transparent qui, bientôt, devint opaque. Ces escargots, conservés dans le chenil jusqu'au mois d'*avril 1908*, furent pesés plusieurs fois pendant cet hivernage. Les pesées faites fournirent les résultats suivants.

[1] On a eu soin de maintenir légèrement soulevée la base de la cloche afin que le gaz carbonique produit par les escargots ne s'accumule pas dans la partie inférieure.

Lot A.

POIDS DES ESCARGOTS		PERTE DE POIDS réelle	PERTE DE POIDS p. 100 gr.	POIDS SUCCESSIFS d'un lot initial de 100 gr.
	gr.	gr.	%	gr.
3 novembre 1907 .	84,4			100 »
13 décembre . . .	77,46	6,94	8,22	91,78
16 — . . .	58,58			
(Un escargot est mort				
27 décembre . . .	58,362	0,218	0,372	91,408
24 janvier 1908 . .	58,24	0,122	0,208	91,200
13 mars	54,925	3,315	5,69	85,510
13 —	59,14			
(Un escargot est mort, on le remplace.)				
4 avril	57,32	1,92	3,246	82,276

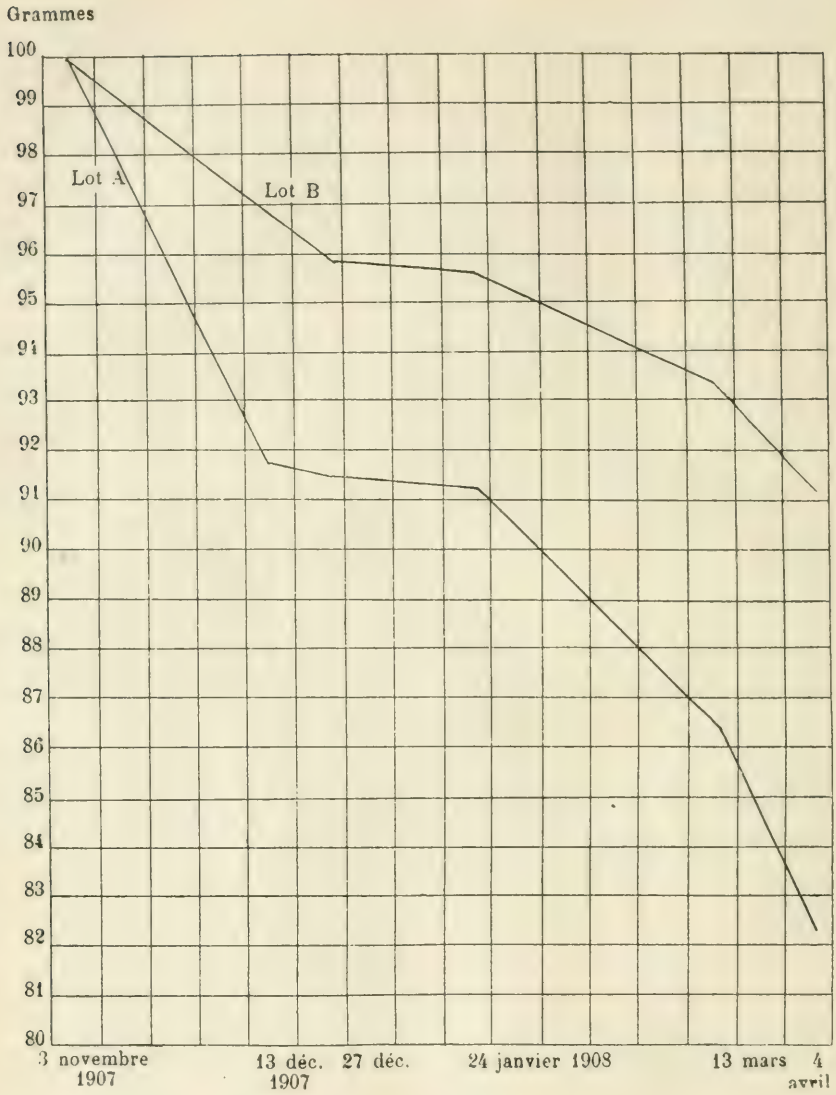
Lot B.

3 novembre 1907 .	72,98			100 »
13 décembre . . .	76,005	Augmentation de 3 gr. 025 due sans doute au retour à la vie active pendant plusieurs jours.		
		Perte réelle	p. 100 gr.	
27 — . . .	72,9	3,105	4,08	95,915
27 — . . .	57,32			
(Un escargot est mort.)				
24 janvier 1908. . .	57,17	0,15	0,261	95,654
13 mars	55,855	1,315	2,3	93,354
4 avril	54,18	1,675	2,998	90,356

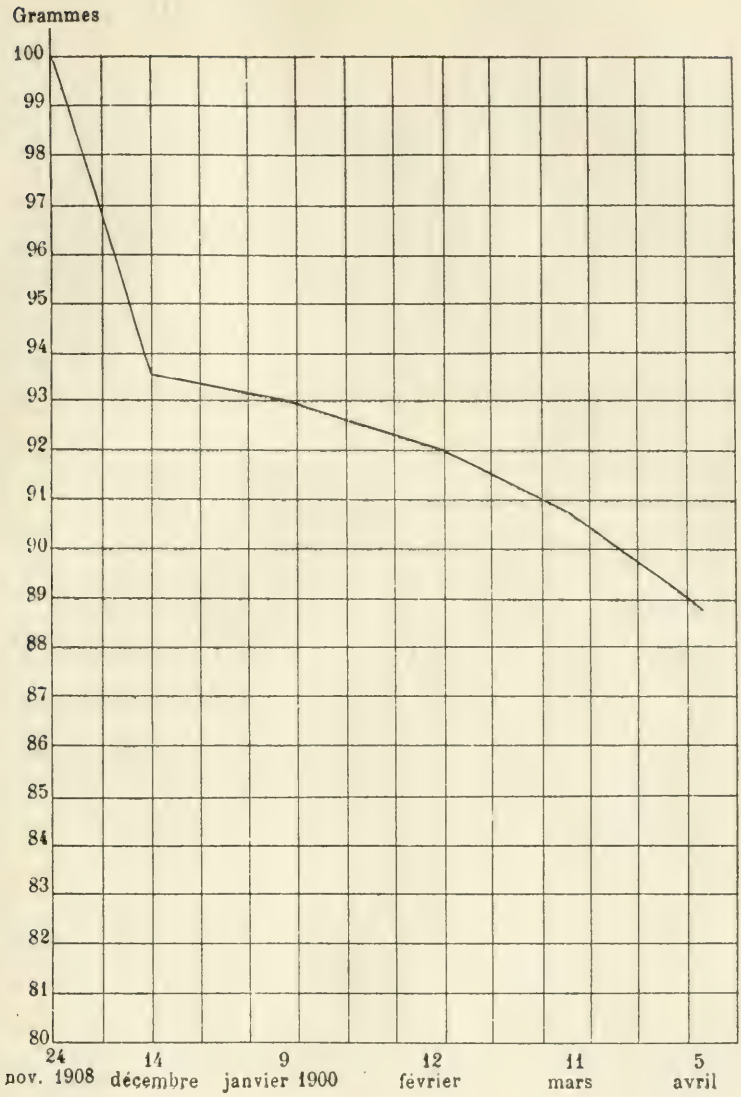
Des observations analogues furent faites sur un lot d'escargots *(lot C)* conservés dans le chenil du laboratoire du *24 novembre 1908* au *2 avril 1909*.

Lot C.

POIDS DES ESCARGOTS		PERTE DE POIDS réelle	PERTE DE POIDS p. 100 gr.	POIDS SUCCESSIFS d'un lot initial de 100 gr.
	gr.	gr.	%	gr.
24 novembre 1908 .	77,47			100 »
14 décembre . . .	72,36	5,11	6,5	93,5
9 janvier 1909 . .	72,02	0,34	0,469	93,031
12 février	71,33	0,69	0,95	92,081
11 mars	70,4	0,93	1,3	90,781
15 —	74,3			
(Un escargot étant mort, on le remplace.)				
5 avril	72,922	1,38	1,8	88,981



Courbes des variations de poids des lots A et B.



Courbe des variations de poids du lot C.

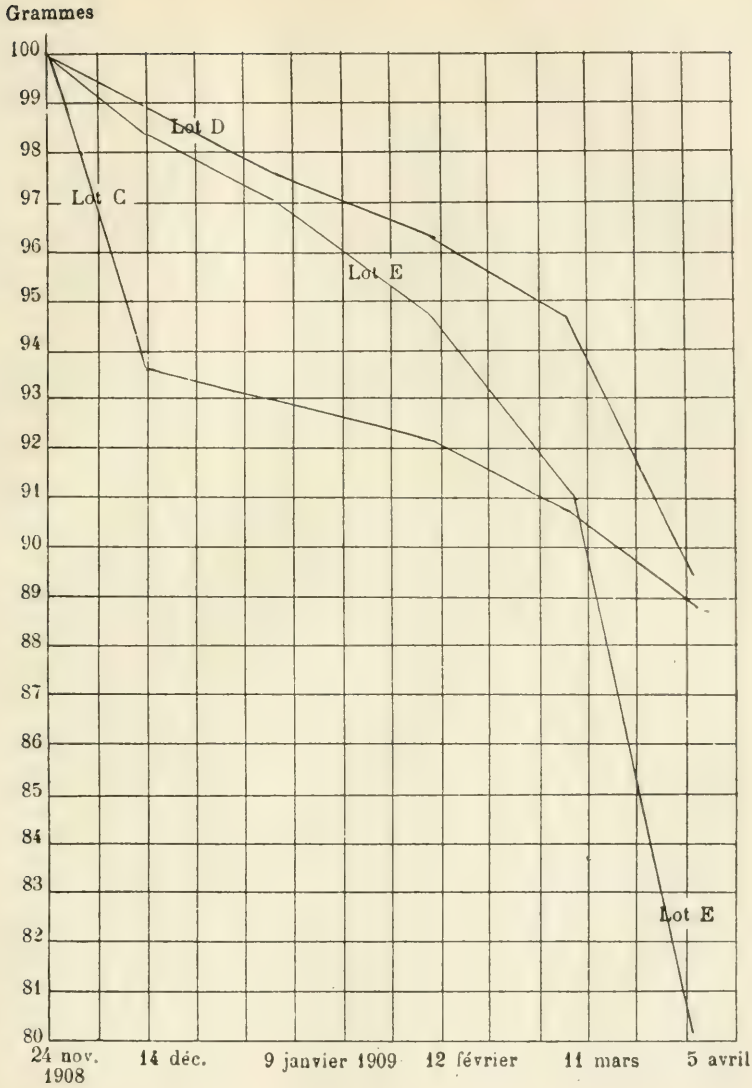
Si nous construisons la courbe des variations de poids d'un lot initial de 100 grammes en prenant, comme abscisses, des longueurs proportionnelles aux intervalles de temps qui séparent les pesées faites pendant l'hivernage du début de l'observation, et, comme ordonnées, des longueurs proportionnelles aux différents poids de ce lot pesant initialement 100 grammes, nous voyons que les trois courbes obtenues en utilisant les nombres fournis par les observations faites sur les lots A, B, C, ont sensiblement la même allure : *il y a au début de l'hibernation une perte de poids considérable, puis elle est relativement faible, enfin elle s'accentue vers la fin de l'hibernation ;* résultat qui confirme celui fourni par les observations antérieures du professeur A. Lang [1].

Pour nous rendre compte de l'influence exercée par la température ambiante sur les dépenses de l'organisme chez l'escargot, pendant le sommeil hibernal, au mois de *novembre 1908*, en même temps que nous installions le *lot C* dans le chenil, nous avons pesé, puis disposé de la même façon, deux lots d'escargots, l'un dans le sous-sol du laboratoire *(lot D)*, l'autre dans le laboratoire même *(lot E) ;* ces animaux furent conservés dans ces conditions jusqu'en *avril 1909 ;* ils ont donc hiverné, l'un à la température constante de 10-12 degrés C., l'autre à la température de 18-20 degrés C. Les variations de poids de ces deux lots furent les suivantes :

Lot D.

POIDS DES ESCARGOTS		PERTE DE POIDS réelle	PERTE DE POIDS p. 100 gr.	POIDS SUCCESSIFS d'un lot initial de 100 gr.
—	gr.	gr.	%	gr.
24 novembre 1908 .	76,26			100 »
14 décembre . . .	75,55	0,71	0,931	99,069
9 janvier 1909 . .	74,505	1,045	1,383	97,686
11 février	73,61	0,895	1,2	96,486
11 mars	72,35	1,25	1,7	94,786
5 avril	68,65	3,70	5,1	89,686

[1] A. Lang, *loc. cit.*



Courbes des variations de poids de 3 lots d'escargots pesant chacun initialement 100 grammes. — Les escargots ont hiberné à des températures différentes : Lot C : conditions normales ; Lot D : température 10°-12° C ; Lot E : température 18-20° C.

Lot E.

POIDS DES ESCARGOTS		PERTE DE POIDS réelle	PERTE DE POIDS par 100 gr.	POIDS SUCCESSIFS d'un lot initial de 100 gr.
—	gr.	gr.	%	gr.
24 novembre . . .	67,36			100 »
14 décembre . . .	66,23	1,13	1,7	98,3
9 janvier 1909. . .	65,4	0,83	1,26	97,04
11 février	63,885	1,515	2,31	94,73
11 mars	61,48	2,405	3,7	91,03
5 avril	55,54	5,94	10,7	80,33

En construisant pour les lots D et E, de la même façon que pour les lots précédents, les courbes qui traduisent les variations de poids d'un lot qui aurait pesé 100 grammes au début de l'hivernage, nous voyons que : 1° *des trois lots C, D, E, celui qui hiberne à la température moyenne 10 degrés est celui dont les dépenses ont été en totalité les plus faibles ;* 2° *les dépenses de ce lot et celles du lot ayant hiberné à la température 18-20 degrés ont été moindres, au début de l'hibernation, que celles du lot placé dans des conditions normales ; puis, à la fin de l'hibernation, les dépenses du lot qui a hiberné à la température 18-20 degrés s'accentuent et deviennent considérables.*

L'allure des différentes parties des courbes des variations de poids des Hélices hibernant dans des conditions normales et l'ensemble des variations de poids du lot hibernant à la température 20 degrés semblent indiquer que la loi établie par les observations de Regnault, Reiset, Marchand, Moleschott, Pflüger, Schultz, Vernon (1843-1897) se confirme aussi pendant le sommeil hibernal de l'escargot : *les animaux à température variable dépensent d'autant plus que la température ambiante est plus élevée* [1].

[1] Cette loi a été vérifiée pendant le sommeil hibernal des tortues (E. Maurel, *C. R. Société de Biologie*, 6 octobre 1900).

2. — VARIATIONS DE LA TENEUR EN EAU

a) TECHNIQUE

Pour déterminer la teneur en eau, les tissus provenant de la dissection sont pesés, dilacérés, puis mis dans un dessiccateur à acide sulfurique où, à la température du laboratoire (18-20° C.), on réalise le vide à l'aide d'une trompe à eau ; les tissus sont laissés dans le dessiccateur jusqu'à ce que leur poids devienne constant. La différence entre le poids initial et le poids final est considérée comme représentant le poids de l'eau contenue dans le tissu ainsi desséché.

b) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES DOSAGES

6 mai 1907. — Escargots sortant de l'hibernation :

	TISSUS	EAU	POURCENTAGE
	—	—	—
	gr.	gr.	%
Foie	6,45	4,47	69,3
Glande de l'albumine	5,17	2,82	54,5
Muscle du pied	3,15	2,38	75,5

15 juin. — Escargots en pleine activité :

Foie	3,852	2,791	72,4
Glande de l'albumine	3,71	2,248	60,5
Muscle du pied	5,77	4,732	82

3 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie	2,888	2,14	74,09
Glande de l'albumine	3,27	1,878	57,4
Muscle du pied	4,65	3,81	81,9

12 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie	3,781	2,844	75,1
Glande de l'albumine	7,915	4,357	55
Muscle du pied	5,816	4,676	83,9

8 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

	TISSUS	EAU	POURCENTAGE
	—	—	—
	gr.	gr.	%
Foie	2,767	2,013	72,7
Glande de l'albumine . .	0,322	0,239	74,2
Muscle du pied	5,23	4,32	82,6

30 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie	3,779	2,686	71
Glande de l'albumine . .	1,265	0,809	63,9
Muscle du pied	8,647	6,965	80,5

23 novembre. — Escargots encoquillés :

Foie	2,217	1,53	69
Glande de l'albumine . .	0,301	0,209	69,4
Muscle du pied	4,517	3,523	78,1

17 décembre. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie	8,5	5,771	67,8
Glande de l'albumine . .	3,12	1,967	63
Muscle du pied	17,08	13,038	76,3

29 janvier 1908. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie	6,115	4,11	67,2
Glande de l'albumine . .	1,825	1,15	63
Muscle du pied	9,8	7,465	76,1

22 février. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie	3,307	2,292	69,3
Glande de l'albumine . .	0,79	0,538	68,1
Muscle du pied	5,337	4,062	76,1

28 mars. — Escargots ayant un opercule opaque:

Foie	4,151	2,802	67,5
Glande de l'albumine . .	0,87	0,609	70
Muscle du pied	7,265	5,735	78,9

21 mai. — Escargots à la fin de l'hibernation :

Glande de l'albumine . .	0,416	0,289	69,4
Muscle du pied	5,401	4,261	78,8

7 juillet. — Escargots en pleine activité :

	TISSUS	EAU	POURCENTAGE
	—	—	—
	gr.	gr.	
Foie	4,228	2,968	70,1
Glande de l'albumine . .	3,1	1,634	52,7
Muscle du pied	7,705	6,475	84

21 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie	4,465	3,275	73,3
Glande de l'albumine . .	2,09	1,21	57,08
Muscle du pied	10,042	8,444	86

10 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie	2,895	2,115	73
Glande de l'albumine . .	1,456	0,844	57,9
Muscle du pied	7,6	6,222	81,8

4 décembre. — Escargots encoquillés :

Foie	3,58	2,08	58,1
Glande de l'albumine . .	0,645	0,445	68,9
Muscle du pied	7,8	5,68	72,8

12 janvier 1909. — Escargots ayant un opercule opaque :

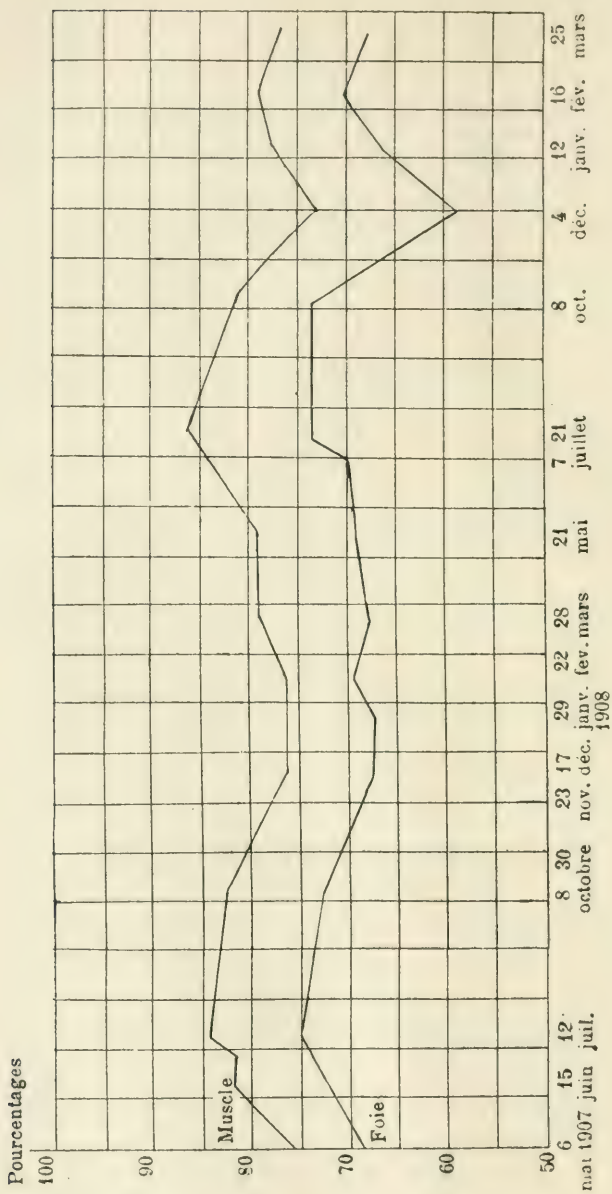
Foie	2,05	1,356	66,1
Glande de l'albumine . .	0,58	0,403	69,4
Muscle du pied	4,53	3,515	77,5

16 février. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie	4,11	2,896	70,4
Glande de l'albumine . .	1,365	0,763	55,8
Muscle du pied	7,39	5,795	78,6

25 mars. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie	3,57	2,42	67,7
Glande de l'albumine . .	1,072	0,760	70,8
Muscle du pied	10,29	7,92	76,9



Courbes de la teneur en eau du tissu musculaire et du tissu hépatique.

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages précédents.

TENEUR EN EAU

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES			POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
			Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
			%	%	%
6 mai 1907 .	Escargots	sortant de l'hibernation . .	69,3	54,5	75,5
15 juin. . .	—	en pleine activité	72,4	60,5	82
3 juillet . .	—	— —	74,09	57,4	81,9
12 juillet . .	—	— —	75,1	55	83,9
8 octobre .	—	éveillés et alimentés . . .	72,7	74,2	82,6
30 octobre .	—	— — . . .	71	63,9	80,5
23 novembre	—	encoquillés	69	69,4	78,1
17 décembre.	—	operculés	67,8	63	76,3
29 janv. 1908.	—	—	67,2	63	76,1
22 février. .	—	—	69,3	68,1	76,1
28 mars . .	—	—	67,5	70	78,9
21 mai. . .	—	à la fin de l'hibernation . .	69,4	non dosé	78,8
7 juillet . .	—	en pleine activité	70,1	52,7	84
21 juillet . .	—	— —	73,3	57,8	86
10 octobre .	—	éveillés et alimentés . . .	73	57,9	81,8
4 décembre.	—	encoquillés	58,1	68,9	72,8
12 janv. 1909.	—	operculés	66,1	69,4	77,5
16 février. .	—	—	70,4	55,8	78,6
25 mars . .	—	—	67,7	70,8	76,9

c) CONCLUSION

Il y a déshydratation sensible du tissu hépatique et du tissu musculaire pendant l'hivernage.

Remarque. — Les résultats fournis par les dosages effectués avec la glande de l'albumine ne sont pas très cohérents et il en est de même pour toutes les réserves étudiées. Les nombreuses dissections que nous avons faites nous ont permis de constater

que cet organe présente à la même époque, d'un individu à l'autre, des variations énormes de volume et de poids ; de plus, la glande qui est généralement blanche a quelquefois une couleur jaune marron, et, lorsqu'elle a cette nuance, elle est toujours très petite. Ces différences d'aspect avaient déjà été signalées en 1902 par Cavalié[1] qui n'en donne aucune explication ; antérieurement, en 1885, Henri Rouzaud[2] déclarait dans sa thèse qu'à « parfaite maturité la glande de l'albumine est très volumineuse... après la ponte, elle est presque nulle et ne consiste plus qu'en un petit appendice flasque ; cet organe met quelque temps à réparer ses pertes et récupérer sa structure primitive, puisque pendant toute la période hivernale il se montre encore très réduit[3]. » Les recherches les plus récentes faites par Ancel[4], Lang[5], Yung[6] sur le développement d'*Helix pomatia* fixant au moins à deux ans l'âge de la maturité sexuelle chez cet animal, il nous semble plausible d'attribuer à des différences de degré dans l'évolution de l'appareil génital ces si grandes variations d'aspect de la glande de l'albumine. Cet état sexuel, qui peut être très différent suivant les individus, est certainement — en même temps que l'hibernation — un facteur essentiel des variations des réserves physiologiques dans la glande de l'albumine ; aussi, n'ayant pu opérer sur des animaux d'un âge parfaitement déterminé, nous nous bornerons, pour cet organe, à enregistrer les résultats de nos dosages sans les interpréter.

[1] M. Cavalié, Sur la sécrétion de la glande albuminipare chez l'escargot (*C. R. Société de Biologie*, 1er juillet 1902).

[2] Henri Rouzaud, *Recherches sur le développement des organes génitaux de quelques Gastéropodes hermaphrodites* (th. Paris, 1885).

[3] *Loc. cit.*, p. 99.

[4] P. Ancel, *Histogenèse et structure de la glande hermaphrodite d'Helix pomatia* L. (th. Nancy, 1903).

[5] A. Lang, Kleine biologische Beobachtungen über die Weinbergschnecke (*Helix pomatia* L.) (*Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich*, Jhrb. XLI, 1896).

[6] M. le professeur Emile Yung a bien voulu nous communiquer directement le résultat de ses observations, nous l'en remercions bien vivement.

3. — VARIATIONS DE LA TENEUR EN GRAISSES

Sous le nom général de graisses, nous avons englobé tous les corps qui se dissolvent lorsque les tissus sont épuisés par l'éther, bien que cette dissolution puisse contenir, outre les graisses proprement dites, un certain nombre d'autres corps, en particulier des acides gras libres ou à l'état de sel et des lipoïdes phosphorés (lécithines). Nous indiquons donc le poids total des graisses par le poids de l'extrait éthéré ; dans un certain nombre de dosages nous avons déterminé la quantité de lécithines que renfermait cet extrait.

a) TECHNIQUE

α. Dosage des graisses.

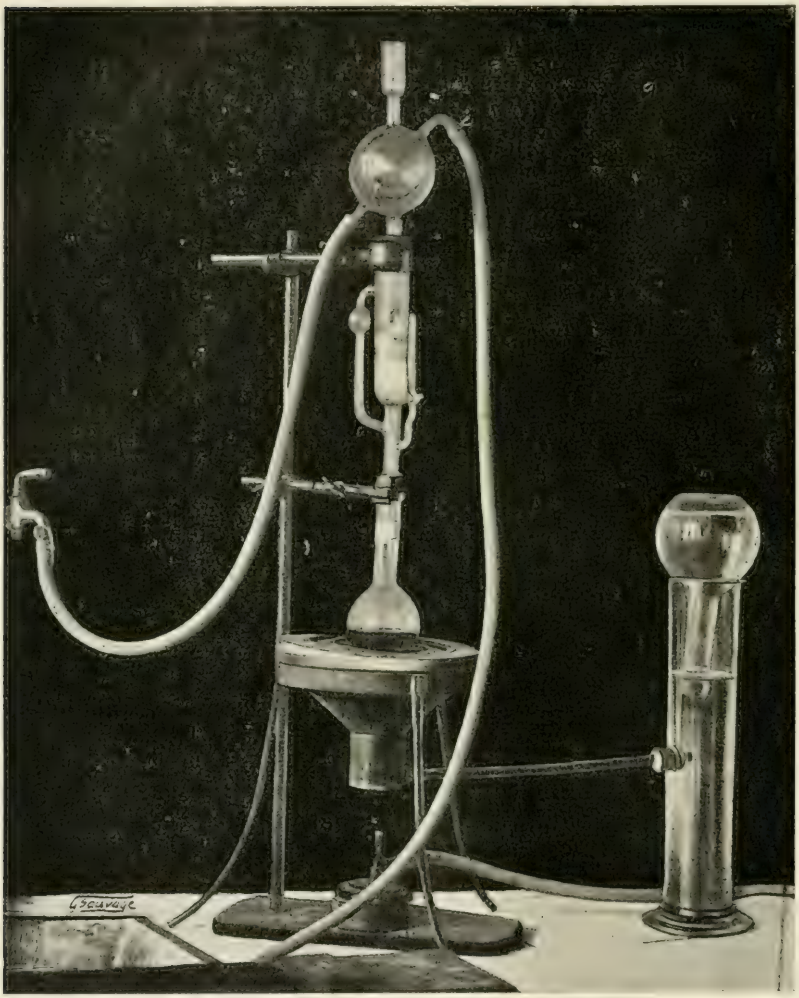
Deux procédés différents ont été employés : le second donne l'extrait éthéré le plus complet.

Premier procédé. — Les tissus frais, pesés, sont desséchés au vide sulfurique, puis la matière sèche, broyée avec de l'éther à 65 degrés, est mise dans des flacons bien bouchés pendant vingt-quatre heures (300 cc. d'éther pour 20 grammes de tissus) ; on presse ; la solution éthérée décantée est mise à évaporer dans une capsule tarée.

Second procédé [1]. — Les tissus, préalablement pesés et desséchés, sont versés dans un ballon renfermant vingt fois leur poids d'alcool à 95 degrés (dont on a vérifié que l'évaporation ne laisse pas de résidu) ; le ballon est alors muni d'un réfrigérant à boules fixé dans un bouchon de liège ; on chauffe l'alcool au

[1] Albert Morel, *Précis de technique clinique à l'usage des laboratoires médicaux* (Paris, 1909).

bain-marie à l'ébullition pendant six heures, puis on filtre sur un filtre lavé à l'alcool, placé sur un essoreur à vide ; le résidu



Appareil Soxhlet pour le dosage des graisses.

est lavé à l'alcool bouillant. Tandis qu'on distille cette solution alcoolique à sec (dans le vide au bain-marie), on dessèche le

résidu mêlé à du sable purifié, placé dans une cloche à vide ; ce produit sec, broyé, est placé dans une douille en papier et on épuise au Soxhlet[1], en se servant comme générateur de vapeurs du ballon où l'on a conservé le résidu de la solution alcoolique distillée, et où l'on place 300 centimètres cubes d'éther pour 20 grammes de tissus ; puis on continue cet épuisement à l'éther anhydre bouillant pendant vingt-quatre heures. La solution éthérée, clarifiée par filtration, est alors mise à évaporer dans une capsule tarée.

β. Dosage des lécithines.

Le poids d'anhydride phosphorique P^2O^5 contenu dans l'extrait éthéré est déterminé par la méthode d'Albert Neumann ; ce poids, multiplié par 11,24, donne la teneur en lécithines de l'extrait éthéré.

MÉTHODE D'ALBERT NEUMANN[2]

Principe. — La substance est décomposée par calcination avec le mélange azoto-sulfurique. Dans la solution minéralisée, l'acide phosphorique est précipité par le phosphomolybdate d'ammoniaque. Le précipité est lavé, puis dissous immédiatement dans un excès de soude titrée $\frac{N}{2}$. Après avoir chassé l'ammoniaque et avoir laissé refroidir, on titre avec l'acide sulfurique et la phtaléine. Une molécule de phosphomolybdate d'ammonium contenant une molécule de P^2O^5, sa neutralisation en présence de phtaléine demande 56 molécules de soude. Chaque

[1] Cet appareil se compose d'un générateur de vapeurs qui contient le liquide servant à l'épuisement des tissus et d'un récipient renfermant le tissu broyé sur lequel retombe le liquide provenant de la condensation des vapeurs dans un réfrigérant à courant d'eau. Quand ce récipient est plein de liquide il se vide automatiquement, par un siphon, dans le générateur de vapeurs et l'opération se répète.

[2] Albert Neumann, *Arch. f. Physiol.*, 1907, p. 208.

centimètre cube de solution de soude de $\frac{N}{2}$ correspond donc à 1 mgr. 268 de P^2O^5.

TECHNIQUE DU DOSAGE

1° *Minéralisation par le mélange azoto-sulfurique.* — Ce mélange est réalisé en faisant couler lentement et en agitant 1/2 litre d'acide sulfurique concentré dans 1/2 litre d'acide nitrique concentré. La minéralisation est faite dans un ballon solidement maintenu par un support et où l'on place la substance à minéraliser. Le col du ballon a environ 10 centimètres de hauteur et reçoit l'extrémité étirée à la flamme du tube d'un décanteur à robinet. On place le décanteur de telle façon que le robinet se trouve en avant, afin qu'on puisse facilement régler le robinet sans s'exposer aux vapeurs; ce décanteur est maintenu par un anneau de verre ou de porcelaine soutenu lui-même par un support.

L'appareil étant ainsi préparé, la substance est additionnée de 10 centimètres cubes de mélange azoto-sulfurique, puis on chauffe sur une toile métallique à flamme basse; dès que le dégagement des vapeurs nitreuses se ralentit, on fait couler par l'entonnoir à robinet, goutte à goutte, le mélange acide. On continue la chauffe modérée et l'écoulement des acides jusqu'à ce que la réaction semble se calmer et que l'intensité des vapeurs nitreuses diminue. Pour savoir si la décomposition est achevée, on interrompt l'écoulement des acides pendant quelque temps, on continue à chauffer jusqu'à ce que les vapeurs brunes soient chassées et l'on observe si le contenu du ballon est encore coloré en brun. S'il est encore brun, on continue à ajouter du mélange acide et à chauffer; sitôt que le liquide est décoloré ou simplement jaune clair, la destruction des substances organiques est achevée. On laisse refroidir; si le liquide à chaud était encore coloré en jaune clair, il deviendrait à froid complètement incolore. On ajoute alors trois ou cinq fois

autant d'eau qu'on a employé de mélange acide et on fait bouillir pendant dix minutes; des vapeurs nitreuses se dégagent, provenant de la décomposition du sulfate acide de nitrosyle. La solution est prête pour le dosage de P^2O^5.

2° *Dosage de P^2O^5.* — Solutions employées :

Nitrate d'ammoniaque à 50 pour 100;
Molybdate d'ammoniaque à 10 pour 100 (dissout à froid et filtré);
Solution $\frac{N}{2}$ de soude;
Solution $\frac{N}{2}$ d'acide sulfurique;
Solution alcoolique à 1 pour 100 de phtaléine.

Si l'on n'a pas employé plus de 40 centimètres cubes de mélange acide, on ajoute environ 140 centimètres cubes d'eau au produit de la minéralisation, afin d'avoir 150 à 160 centimètres cubes de liquide ; on les additionne de 150 centimètres cubes de la solution de nitrate d'ammoniaque, puis on chauffe à 70-80 degrés, jusqu'à ce que des bulles montent; à ce moment, on ajoute 40 centimètres cubes de molybdate d'ammoniaque, on agite le liquide pour que le précipité se dépose granuleux et on laisse reposer quinze minutes.

La filtration et le lavage se font par décantation sur filtre : on se sert d'un filtre mince, sans cendre, sans pli et de 5 à 6 centimètres de rayon. Avant la filtration, le filtre est lavé à l'eau glacée pour resserrer les pores. Le lavage du précipité resté dans le ballon se fait avec 150 centimètres cubes d'eau glacée qu'on agite avec lui et qu'on décante de la même façon, après un repos de quelques minutes. Le précipité recueilli est lavé à trois ou quatre reprises, jusqu'à ce que l'eau de lavage n'ait plus aucune réaction acide au tournesol.

On ajoute alors 100 centimètres cubes d'eau au précipité contenu dans le ballon additionné du filtre qu'on fait tomber dans le ballon. En agitant, on fait alors couler de la soude demi-normale contenue dans une burette graduée jusqu'à dissolution tout à fait complète du précipité. On note exac-

tement le nombre n de centimètres cubes de $\frac{N}{2}$ soude employée.

La solution est portée à l'ébullition environ quinze minutes, jusqu'à ce qu'elle ne dégage plus d'AzH^3 (épreuve au papier de tournesol sensible). Après refroidissement complet du récipient sous un courant d'eau, on ajoute VI à VIII gouttes de phtaléine qui rougit fortement le liquide et on fait tomber, en agitant, une solution demi-normale d'acide sulfurique, tant que le liquide garde la moindre coloration rose. Soit n' le nombre de centimètres cubes d'acide $\frac{N}{2}$ employé.

En multipliant par 0 gr. 001268 la différence $(n - n')$, on a le poids de P^2O^5; ce résultat multiplié par 11,24 donne la quantité de lécithines contenue dans la substance analysée.

b) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES DOSAGES

Du *6 mai 1907 au 23 novembre 1907* inclus, les dosages de graisses ont été faits par le premier procédé; tous les autres ont été effectués par le deuxième procédé.

6 mai 1907. — Escargots sortant de l'hibernation :

	TISSUS	GRAISSES	
	gr.	gr.	%
Foie.	6,45	0,172	2,6
Glande de l'albumine .	5,17	0,072	1,3
Muscle du pied . . .	3,15	0,056	1,7

30 mai. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	4,959	0,11	2,2
Glande de l'albumine .	4,661	0,036	0,77

15 juin. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	3,852	0,12	3,1
Glande de l'albumine .	3,71	0,019	0,51
Muscle du pied . . .	5,77	0,04	0,69

25 juin. — Escargots en pleine activité :

	TISSUS	GRAISSES	
	gr	gr.	%
Foie.	2,402	0,08	3,3
Glande de l'albumine .	2,685	0,021	0,72
Muscle du pied . . .	4,256	0,032	0,75

3 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie.	2,888	0,078	2,7
Glande de l'albumine .	3,27	0,032	0,97
Muscle du pied . . .	4,65	0,042	0,9

12 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie.	3,781	0,095	2,5
Glande de l'albumine .	7,915	0,022	0,27
Muscle du pied . . .	5,816	0,031	0,53

8 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie	2,767	0,024	0,86
Glande de l'albumine .	0,322	0,011	3,4
Muscle du pied . . .	5,23	0,031	0,59

30 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	3,779	0,046	1,2
Muscle du pied . . .	8,647	0,043	0,49

2 novembre. — Escargots encoquillés :

Foie.	2,217	0,026	1,17
Glande de l'albumine .	0,301	0,007	2,3
Muscle du pied . . .	4,517	0,028	0,61

17 décembre. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	8,5	0,264	3,1
Glande de l'albumine .	3,12	0,105	3,3
Muscle du pied . . .	17,08	0,222	1,2

29 janvier 1908. — Escargots ayant un opercule opaque :

	TISSUS	GRAISSES		LÉCITHINES	
	gr.	gr.	%	gr.	%
Foie.	6,115	0,184	3	0,0099	0,16
Glande de l'albumine .	1,824	0,08	4,3	0,0085	0,46
Muscle du pied . . .	9,8	0,137	1,3	0,0228	0,23

22 février. — Escargots ayant un opercule opaque :

	TISSUS	GRAISSES		LÉCITHINES	
	gr.	gr	%	gr.	%
Foie.	3,307	0,097	2,9	*non dosées*	
Glande de l'albumine.	0,79	0,034	4,3	*non dosées*	
Muscle du pied . . .	5,337	0,11	2	0,0213	0,4

28 mars. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	4,151	0,179	4,3	0,0156	0,37
Glande de l'albumine.	0,87	0,052	5,9	*non dosées*	
Muscle du pied . . .	7,265	0,127	1,7	*non dosées*	

21 mai. — Escargots à la fin de l'hibernation :

Foie.	2,065	0,105	5,8	0,0114	0,55
Glande de l'albumine .	0,416	0,041	9,8	*des traces indosables*	
Muscle du pied . . .	5,401	0,049	0,9	*non dosées*	

7 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie.	4,218	0,27	6,4	0,0099	0,23
Glande de l'albumine .	3,1	0,03	0,96	0,0042	0,12
Muscle du pied . . .	7,705	0,074	0,96	0,0057	0,07

21 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie.	4,465	0,197	4,4	0,0086	0,19
Glande de l'albumine .	2,09	0,03	1,4	0,0028	0,13
Muscle du pied . . .	10,042	0,118	1,1	0,0099	0,09

10 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	2,895	0,17	5,8	0,0042	0,14
Glande de l'albumine.	1,456	0,04	2,7	*des traces*	
Muscle du pied . . .	7,6	0,114	1,5	0,0057	0,07

4 décembre. — Escargots encoquillés :

Foie.	3,58	0,13	3,6	0,0099	0,27
Glande de l'albumine .	0,645	0,05	7,7	0,0085	1,3
Muscle du pied . . .	7,8	0,145	1,8	0,0228	0,29

12 janvier 1909. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	2,05	0,07	3,4	0,0071	0,34
Glande de l'albumine .	0,58	0,063	10,8	0,0085	1,4
Muscle du pied . . .	4,53	0,078	1,7	0,0156	0,34

16 février. — Escargots ayant un opercule opaque :

	TISSUS	GRAISSES		LÉCITHINES	
	gr.	gr.	%	gr.	%
Foie.	4,11	0,144	3,5	0,0199	0,48
Glande de l'albumine .	1,365	0,057	4,1	0,0071	0,52
Muscle du pied . . .	7,39	0,147	1,9	0,0171	0,23

25 mars. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	3,57	0,122	3,4	0,0171	0,47
Glande de l'albumine .	1,072	0,046	4,2	0,0071	0,66
Muscle du pied . . .	10,29	0,145	1,4	0,0384	0,37

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages faits du 6 mai 1907 au 23 novembre 1907.

TENEUR EN GRAISSES

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES	POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
	Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
	%	%	%
6 mai 1907 . Escargots sortant de l'hibernation . .	2,6	1,3	1,7
30 mai. . . — éveillés et alimentés . . .	2,2	0,77	non dosé
15 juin . . — — — . . .	3,1	0,51	0,69
25 juin . . — — — . . .	3,3	0,72	0,75
2 juillet . . — — — . . .	2,7	0,97	0,9
12 juillet . . — — — . . .	2,5	0,27	0,53
8 octobre . — — — . . .	0,86	3,4	0,59
30 octobre . — — — . . .	1,2	non dosé	0,49
23 novembre — encoquillés	1,17	2,3	0,61

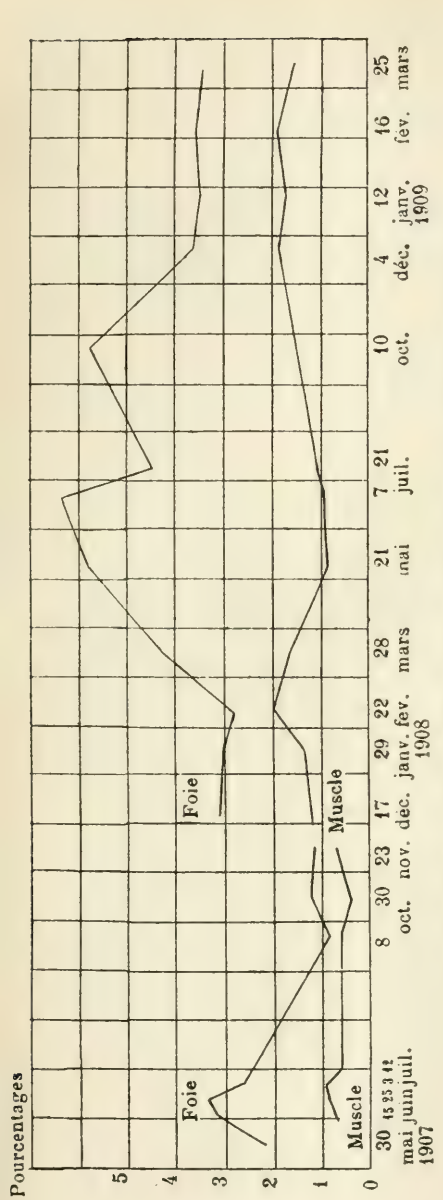
Tableaux résumés des résultats fournis par les dosages faits du 17 décembre 1907 au 25 mars 1909.

TENEUR EN GRAISSES

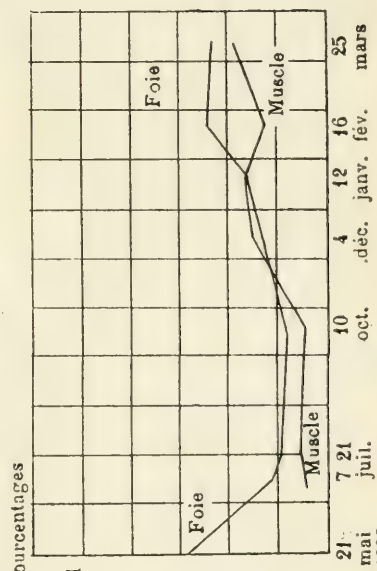
DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES	POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
	Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
	%	%	%
17 déc. 1907. Escargots operculés.	3,1	3,3	1,2
29 janv. 1908. — —	3	4,3	1,3
22 février. . — —	2,9	4,3	2
28 mars . . — —	4,3	5,9	1,7
21 mai. . . — sortant de l'hibernation . .	5,8	9,8	0,9
7 juillet . . — en pleine activité	6,4	0,96	0,96
21 juillet . . — — —	4,4	1,4	1,1
10 octobre . — éveillés et alimentés . . .	5,8	2,7	1,5
4 décembre. — encoquillés	3,6	7,7	1,8
12 janv. 1909. — operculés.	3,4	10,8	1,7
16 février. . — —	3,5	4,1	1,9
25 mars . . — —	3,4	4,2	1,4

TENEUR EN LÉCITHINES

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES	POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
	Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
	%	%	%
29 janv. 1908. Escargots operculés	0,16	0,46	0,23
22 février. . — —	non dosé	non dosé	0,4
28 mars . . — —	0,37	non dosé	non dosé
21 mai. . . — à la fin de l'hibernation . .	0,55	traces	non dosé
7 juillet . . — en pleine activité	0,23	0,12	0,07
21 juillet . . — — —	0,19	0,13	0,09
10 octobre . — éveillés et alimentés . . .	0,14	traces	0,07
4 décembre. — encoquillés	0,27	1,3	0,29
12 janv. 1909. — operculés	0,34	1,4	0,34
16 février. . — —	0,48	0,52	0,23
25 mars . . — —	0,47	0,66	0,37



Courbes de la teneur en graisses du tissu hépatique et du tissu musculaire.



Courbes de la teneur en lécithines du tissu hépatique et du tissu musculaire.

c) CONCLUSIONS

1° *On trouve de la graisse toute l'année dans le foie, la glande de l'albumine et le muscle de l'escargot.*

2° *La graisse s'accumule dans le foie pendant la période de pleine activité, depuis la fin de l'hibernation jusqu'à la reprise de la vie hibernale ; la consommation des réserves graisseuses hépatiques semble se faire surtout au début de l'hibernation. Dans le muscle, au contraire, les réserves graisseuses sont plus considérables en hiver que l'été.*

3° *Les lécithines s'accumulent dans les tissus pendant l'hibernation.*

Remarque. — Les résultats de nos recherches sur le tissu hépatique diffèrent de ceux obtenus antérieurement par Mlle Deflandre[1] : « Le foie de l'escargot ne présente, dit-elle, aucune trace de graisse pendant les mois de janvier, février, mars, avril, juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre ; il en présente, par contre, pendant les mois de mai et juin. Au mois de mai, la graisse apparaît, d'abord en petite quantité, puis elle augmente graduellement et finit par devenir très abondante au mois de juin ; elle disparaît complètement à la fin de ce mois. » Ces conclusions ont été tirées de l'examen histologique fait chaque mois de deux ou trois échantillons de foie d'*Helix pomatia ;* un seul dosage effectué le 26 mai en épuisant au Sohxlet, par l'éther, le tissu hépatique desséché, a donné pour la teneur en graisses 3,4 pour 100 par rapport à l'organe frais ; un cinquième de ces graisses était constitué par des lécithines (dosées en transformant leur phosphore en pyrophosphate de magnésie).

[1] Claire Deflandre. *Fonction adipogénique dans la série animale* (th. Paris, 1903).

4. — VARIATIONS DE LA TENEUR EN GLYCOGÈNE

a) TECHNIQUE

Pour déterminer la teneur en glycogène des tissus, l'acide trichloracétique a été employé comme dissolvant suivant le *procédé de Fraenkel-Garnier*[1].

25 grammes de tissu, rapidement déchiquetés aux ciseaux, sont triturés dans un mortier avec 50 centimètres cubes de solution aqueuse à 4 pour 100 d'acide trichloracétique. Après une demi-heure de contact, on filtre et on réunit la pulpe sur le filtre : le liquide entraîne le glycogène, tandis que les albuminoïdes restent sur le filtre ; le précipité est lavé quatre fois avec 5 centimètres cubes de solution aqueuse d'acide trichloracétique à 2 pour 100. Le glycogène est précipité en additionnant la solution trichloracétique de deux fois son volume d'alcool à 95 degrés ; on le recueille sur un filtre taré après une dessiccation d'une heure à l'étuve à 70 degrés. Le filtre est lavé à l'alcool puis à l'éther ; il est pesé après avoir été desséché une heure à l'étuve à 70 degrés.

a) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES DOSAGES

14 mai 1907. — Escargots à la fin de leur hibernation :

	TISSUS	GLYCOGÈNE	
	gr.	gr.	%
Foie.	5,26	0,079	1,5
Glande de l'albumine .	1,33	0,03	2,2
Muscle du pied . . .	5,77	0,032	0,5

30 mai. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	4,959	0,052	1,04
Glande de l'albumine .	4,661	0,137	2,9
Muscle dn pied . . .	5,085	0,02	0,39

[1] Fraenkel, *Pflüger's Arch.*, LII, p. 128.— Garnier, *Archives de Physiologie*, 1898, p. 430.

21 juin. — Escargots en pleine activité :

	TISSUS	GLYCOGÈNE	
	gr.	gr.	%
Foie.	4,215	0,076	1,8
Glande de l'albumine .	7,59	0,031	0,4
Muscle du pied . . .	4,555	0,02	0,43

25 juin. — Escargots en pleine activité :

Foie.	2,695	0,052	1,9
Glande de l'albumine .	0,509	0,013	2,5
Muscle du pied . . .	2,58	0,019	0,7

8 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie.	3,4	0,082	2,4
Glande de l'albumine.	4,215	0,062	1,4
Muscle du pied . . .	5,02	0,041	0,8

7 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	3,022	0,105	3,4

26 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	2,116	0,085	4
Glande de l'albumine .	1,252	0,027	2,1
Muscle du pied . . .	4,289	0,025	0,58

12 novembre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	2,538	0,12	4,7
Glande de l'albumine .	0,412	0,011	2,6
Muscle du pied . . .	5,505	0,04	0,72

23 novembre. — Escargots encoquillés :

Foie.	2,697	0,136	5,04
Glande de l'albumine .	0,844	0,027	3,19
Muscle du pied . . .	4,151	0,029	0,698

20 décembre. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	3,313	0,065	1,96
Glande de l'albumine .	0,521	0,013	2,4
Muscle du pied . . .	3,059	0,024	0,77

25 janvier 1908. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	4,058	0,121	3
Glande de l'albumine .	1,024	0,03	2,92
Muscle du pied . . .	5,649	0,026	0,46

24 février. — Escargots ayant un opercule opaque :

	TISSUS	GLYCOGÈNE	
	gr.	gr.	%
Foie.	2,322	0,026	1,1
Glande de l'albumine .	0,857	0,013	1,51
Muscle du pied . . .	4,609	0,01	0,21

26 mars. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	2,358	0,087	3,6
Glande de l'albumine .	0,34	0,033	9,7

11 mai. — Escargots encoquillés à la fin de leur hibernation :

Foie.	2,29	0,109	0,47
Glande de l'albumine .	0,505	0,019	3,7
Muscle du pied . . .	5,262	0,048	0,91

11 juin. — Escargots en pleine activité :

Foie.	3,263	0,078	2,3
Glande de l'albumine .	1,787	0,056	3,1
Muscle du pied . . .	6,6	0,022	0,33

24 juin. — Escargots en pleine activité :

Foie.	2,707	0,038	1,4
Glande de l'albumine .	3,4	0,069	2
Muscle du pied . . .	5,87	0,023	0,39

21 juillet. — Escargots en pleine activité :

Foie.	2,897	0,083	2,8
Glande de l'albumine .	3,365	0,08	2,3
Muscle du pied . . .	6,696	0,042	0,62

9 octobre. — Escargots éveillés et alimentés :

Foie.	2,9	0,167	5,7
Glande de l'albumine .	0,945	0,05	5,2
Muscle du pied . . .	5,345	0,047	0,89

5 décembre. — Escargots ayant un opercule transparent :

Foie.	2,494	0,11	4,41
Glande de l'albumine .	0,425	0,019	4,4
Muscle du pied . . .	5,30	0,02	0,37

7 janvier 1909. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	2,49	0,097	3,8
Glande de l'albumine .	1,12	0,012	1,07
Muscle du pied . . .	4,125	0,01	0,24

15 février. — Escargots ayant un opercule opaque :

	TISSUS	GLYCOGÈNE	
	gr.	gr.	%
Foie.	1,895	0,05	2,6
Glande de l'albumine .	0,59	0,026	4,4
Muscle du pied . . .	3,477	0,027	0,77

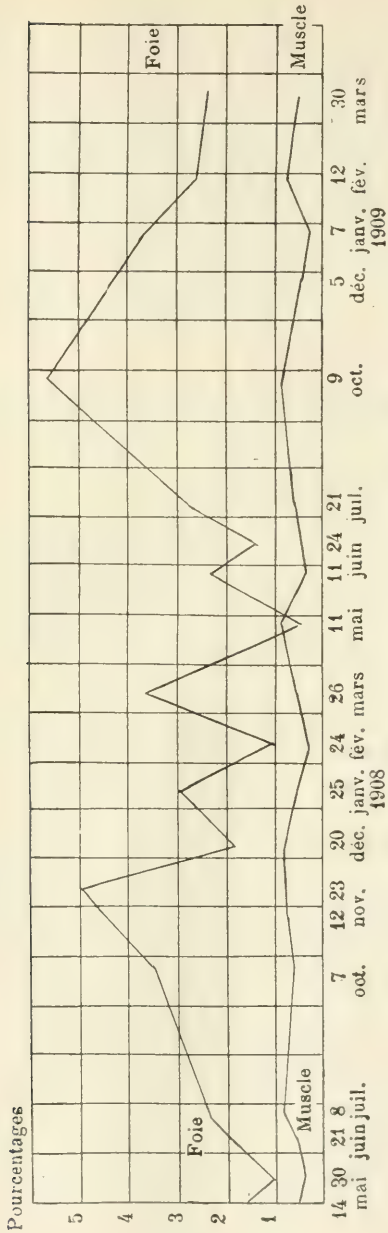
30 mars. — Escargots ayant un opercule opaque :

Foie.	1,827	0,045	2,4
Glande de l'albumine .	0,532	0,021	3,9
Muscle du pied . . .	4,977	0,026	0,52

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages précédents.

TENEUR EN GLYCOGÈNE

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES			POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
			Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
			%	%	%
14 mai 1907 .	Escargots	à la fin de leur hibernation.	1,5	2,2	0,5
30 mai. . .	—	éveillés et alimentés . . .	1,04	2,9	0,39
21 juin . .	—	en pleine activité	1,8	0,4	0,43
25 juin . .	—	— —	1,9	2,5	0,7
8 juillet . .	—	— —	2,4	1,4	0,8
7 octobre .	—	éveillés et alimentés . . .	3,4	non dosé	non dosé
26 octobre .	—	— — . . .	4	2,1	0,58
12 novembre	—	— — . . .	4,7	2,6	0,72
23 novembre	—	encoquillés	5,04	3,19	0,698
20 décembre.	—	operculés	1,96	2,4	0,77
25 janv. 1900.	—	—	3	2,92	0,46
24 février. .	—	—	1,1	1,51	0,21
26 mars . .	—	—	3,6	9,7	non dosé
11 mai. . .	—	à la fin de leur hibernation.	0,47	3,7	0,91
11 juin . .	—	en pleine activité	2,3	3,1	0,33
24 juin . .	—	— —	1,4	2	0,39
21 juillet . .	—	— —	2,8	2,3	0,62
9 octobre .	—	éveillés et alimentés . . .	5,7	5,2	0,89
5 décembre.	—	ayant un operc. transparent	4,41	4,4	0,37
7 janv. 1909.	—	— — opaque. .	3,8	1,07	0,24
12 février. .	—	— — — . .	2,6	4,4	0,77
30 mars . .	—	— — — . .	2,4	3,9	0,52



Courbes de la teneur en glycogène du tissu hépatique et du tissu musculaire.

c) CONCLUSIONS

1° *Les tissus étudiés contiennent toujours du glycogène ;*

2° *Le glycogène s'accumule dans le foie de l'escargot pendant la période d'activité jusqu'au moment où l'animal s'encoquille; puis la teneur en glycogène diminue : elle atteint son minimum à la fin de l'hibernation. Dans le muscle, les résultats sont moins réguliers ; cependant, ce tissu contient moins de glycogène à la fin de l'engourdissement hivernal qu'au début.*

Remarque. — Ces résultats concordent en partie avec ceux des recherches antérieures faites par Barfurth[1], Yung[2] sur le glycogène chez *Helix pomatia* (recherches histologiques). En particulier, Barfurth signale la présence du glycogène dans tous les tissus de l'escargot et Yung indique la diminution du glycogène dans les cellules hépatiques dès le début de l'hibernation, mais cet auteur limite à la cinquième semaine de l'engourdissement la consommation de cette réserve.

5. — VARIATIONS DE LA TENEUR EN SUCRES

a) TECHNIQUE

α. Préparation de la solution sucrée.

Les tissus, disséqués rapidement, sont pesés, puis immergés dans de l'eau bouillante pour arrêter toute action diastasique susceptible d'altérer les sucres ; les tissus sont ensuite broyés et portés au bain-marie bouillant pendant une heure environ. On filtre ; le filtrat est pressé, puis lavé soigneusement. La solution décantée, réunie avec les eaux de lavage, est prête pour la défécation.

[1] D. Barfurth, Vergleichend-histochemische Untersuchungen über das glycogen (*Arch. für mikrosk. Anatomie*, t. XXII, 1885.

[2] E. Yung, *Contributions à l'histoire physiologique de l'escargot*, 1886.

β. Défécation.

Différents procédés ont été employés :

1° Défécation par l'acide phosphotungstique[1]. — A 100 centimètres cubes de la solution fournie par les tissus, on ajoute 20 centimètres cubes d'une solution à 5 pour 100 d'acide phosphotungstique et 2 centimètres cubes d'acide sulfurique normal ; on neutralise par le carbonate de baryte et une trace de baryte en poudre. Ce procédé, très rapide, a l'inconvénient de détruire une certaine quantité de sucre.

2° Défécation par les sels mercuriques (nitrate ou acétate). — Le nitrate mercurique, *réactif de Patein*[2], se prépare de la façon suivante : on additionne 220 grammes d'oxyde jaune de mercure fraîchement préparé, de 300 centimètres cubes d'eau distillée et l'on verse, en agitant, de l'acide azotique pur en quantité exactement suffisante pour dissoudre tout l'oxyde ; on ajoute quelques gouttes de solution de soude jusqu'à apparition d'un léger précipité et l'on complète à un litre avec de l'eau distillée, puis on filtre. Ce réactif, ainsi préparé, ne renferme pas d'acide azotique libre et la quantité de sels mercureux qu'il renferme est négligeable.

L'acétate mercurique[3] est employé en solution saturée à froid : 250 grammes d'oxyde jaune de mercure sont dissous dans une quantité très exagérée d'acide acétique et dans un litre d'eau. On ajoute ensuite de la potasse ou de la soude jusqu'à ce que le précipité commence à se former, puis on le redissout par l'acide acétique. Le réactif doit être très légèrement acide.

[1] Hofmeister, *Zeit. physiol. Chem.*, IV, 253 ; Gulewitch, *Zeit. physiol. Chem.*, XXVII, 178 ; Hugounenq et Morel, *Bul. Soc. Chim.*, 1907, p. 154.

[2] Patein et Dufau, *Répert. pharmac.*, 1902, et *Journal pharm. et chim.*, 6e s., X, 433.

[3] A. Gauthier et Albahary, *Exercices de chimie pratique.* — Lépine et Boulud., *Bull. Soc. Chim.*, 1907, p. 507.

Procédé Patein[1]. — On verse dans le liquide, par petites quantités, goutte à goutte avec une pipette, l'acétate ou le nitrate mercurique jusqu'à ce que la précipitation des albuminoïdes soit complète ; puis on décante par filtration, ou mieux, par centrifugation. Pour éliminer l'excès du déféquant, on verse goutte à goutte dans le liquide séparé du précipité, en agitant vivement, de la soude à 10 pour 100, en ayant soin de s'arrêter toutes les V à VI gouttes pour laisser le précipité se déposer. On cesse l'addition sodique lorsqu'une goutte de liquide éclairci ne rougit plus du tout le papier bleu de tournesol mais sans alcaliniser. Le liquide filtré est alors additionné de poudre de zinc à raison de 2 grammes de poudre pour 50 centimètres cubes de liquide ; on agite à plusieurs reprises et l'on filtre, au bout de deux ou trois heures de contact, après avoir additionné de quelques gouttes de solution de carbonate de soude (il y a toujours un peu d'oxyde de zinc redissous dans la soude).

Procédé Bierry et Portier[2]. — Pour éliminer l'excès du déféquant des solutions additionnées d'acétate ou de nitrate mercurique, on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré jusqu'à ce qu'il n'y ait plus formation de précipité de sulfure ; on décante par filtration ou par centrifugation, puis on chasse l'excès d'hydrogène sulfuré du liquide recueilli en le portant doucement à l'ébullition ; on cesse celle-ci lorsqu'un papier à l'acétate de plomb n'est plus noirci par les vapeurs dégagées. L'emploi de l'hydrogène sulfuré pour éliminer le mercure, a l'avantage de maintenir la solution sucrée en milieu acide, ce qui favorise la conservation du glucose, puisque la réduction de celui-ci est plus active en milieu alcalin.

Procédé Morel, Monod, Bellion[3]. — Le liquide débarrassé du

[1] Patein, Elimination du mercure dans les liquides sucrés traités par le nitrate mercurique (*C. R. Société de Biologie*, 1902, p. 1373).

[2] Bierry et Portier, Sur le dosage du sucre du sang (*C. R. Société de Biologie*, 1903).

[3] A. Morel, O. Monod et Mlle Bellion, Dosage des sucres réducteurs (*Congrès Assoc. française*, 1908).

précipité que donne le réactif de Patein, ajouté avec précautions et sans excès, est soumis pendant vingt minutes (pas moins), à un courant d'hydrogène sulfuré fourni par un appareil fonctionnant régulièrement, tandis que l'on agite de temps en temps le liquide avec une baguette de verre. Quand le liquide est ainsi parfaitement saturé d'hydrogène sulfuré, on y fait tomber goutte à goutte, en agitant, une solution de sulfate de cuivre à 10 pour 100 ; de cette façon, l'excès d'hydrogène sulfuré est précipité à l'état de sulfure de cuivre Cu^2S, et on réalise ainsi, en vingt-cinq minutes, le remplacement complet et parfait du mercure par le cuivre ; il faut ajouter assez de sulfate de cuivre pour précipiter exactement tout l'hydrogène sulfuré; pour cela, on en ajoute une quantité suffisante pour que le liquide clair commence à devenir bleu (40 centimètres cubes environ pour 100 centimètres cubes de liquide). On sépare alors, par filtration sur une pelote de laine de verre placée au fond d'un entonnoir, le précipité des sulfures qu'on lave très facilement avec de l'eau distillée. Ce procédé, qu'il est avantageux d'employer toutes les fois que la solution déféquée doit servir à la détermination du pouvoir réducteur, est non seulement rapide, mais, de plus, très rigoureux[1].

[1] Un grand nombre d'expériences faites pour déterminer l'exactitude de ce procédé ont montré :

1° *Qu'il permet de retrouver la totalité du glucose.* — En effet, pour 10 centimètres cubes de solution aqueuse de glucose titrée telle quelle, sans addition de réactif déféquant, on trouve 29 milligrammes de cuivre réduit, soit 1 gr. 49 de glucose par litre et pour 10 c.c. de la même solution titrée après avoir subi toutes les manipulations décrites on trouve 29 mill. 2 de cuivre, soit 1 gr. 49 de glucose par litre;

2° *Ce procédé permet de retrouver le glucose aussi bien dans le liquide albumineux que dans l'eau.* — En effet, 10 c.c. de la solution aqueuse de glucose, pour laquelle on trouve 29 mgr. de cuivre réduit, ayant été ajoutés à 20 c.c. de sérum de cheval dans lequel on a vérifié au préalable l'absence de tout pouvoir réducteur appréciable, on trouve pour ce mélange 29 milligrammes d'oxyde de cuivre réduit;

3° *Ce procédé donne des chiffres suffisamment voisins pour le dosage du pouvoir réducteur dans un même sang.* — En effet, pour 5 c.c. de sang de cheval on trouve 12 mgr. 06 de cuivre réduit, soit 1 gr. 06 de glucose par litre et pour 10 c.c. du même sang mis en œuvre, on trouve 22 mgr. 8 de cuivre réduit, soit 1 gr. 03 de glucose par litre.

Dans ces expériences, la détermination du pouvoir réducteur a été faite suivant les indications de G. Bertrand, en opérant avec une liqueur de permanganate dix fois plus étendue que la liqueur type habituelle.

3° Défécation par l'acétate de zinc (*Procédé Abeles*[1]). — La solution sucrée est additionnée d'une solution alcoolique saturée d'acétate de zinc, puis portée à l'ébullition et filtrée. (Avant l'ébullition, on a soin de neutraliser le mélange, s'il est alcalin, avec de l'acide acétique.) On distille le liquide filtré dans le vide pour éliminer l'alcool, puis on étend d'eau le résidu : l'excès de zinc est éliminé par une solution étendue de carbonate de soude ajouté goutte à goutte ; le liquide filtré est neutralisé par de l'acide acétique ; on ajoute une goutte d'acide en excès pour être sûr qu'il ne reste pas d'acide carbonique dans la solution.

γ. Détermination du pouvoir réducteur.

Différentes méthodes ont été employées :

1° *Dosage par la liqueur de Fehling.* — La liqueur est préparée suivant la formule de *Pasteur*.

Prendre :

130 gr. de soude en plaques.
105 gr. d'acide tartrique cristallisé.
80 gr. de potasse caustique en plaques.
40 gr. de sulfate de cuivre cristallisé.

Dissoudre séparément chacune de ces substances dans un peu d'eau distillée. Mêler les solutions refroidies dans l'ordre ci-dessus. Compléter à 1000 centimètres cubes avec de l'eau distillée.

La liqueur doit être titrée avec une solution de glucose pur et diluée de telle façon que 1 centimètre cube corresponde à 5 milligrammes de glucose. Le titrage est fait avec une solution de glucose pur cristallisé, préparé en dissolvant 50 centigrammes de glucose cristallisé pur dans un ballon jaugé de 100 centimètres cubes.

Pour effectuer le dosage, la solution déféquée est mise dans une burette graduée en 1/10 de centimètre cube. On porte à

[1] Abeles, *Zeit. Physiol. Chem.*, XV, 495.

l'ébullition dans une petite capsule une certaine quantité (n centimètres cubes) de liqueur de Fehling très exactement mesurée et diluée ; on verse la liqueur sucrée par IV à V gouttes à la fois en faisant bouillir entre chaque affusion. Le réactif se décolore et il se dépose une poudre rouge d'oxydule de cuivre ; si l'opération est bien faite, l'oxydule se tasse sur les parois de la capsule et le liquide incolore surnage. La réaction est terminée lorsque toute teinte bleue a disparu. On lit sur la burette la quantité de solution sucrée employée pour obtenir la réduction, soit n' centimètres cubes :

0 gr. $005 \times n = a$ milligrammes de glucose pour n' centimètres cubes de solution sucrée.

Chaque dosage nécessite plusieurs opérations, car il faut chercher, par tâtonnement, la plus petite quantité de liqueur qui, versée en une seule fois, entraîne la décoloration complète.

2° *Technique de Chapelle*[1] *modifiée par A. Morel*[2]. — Cette technique, qui se recommande par sa précision, exige comme matériel spécial une puissante centrifuge, un bain-marie contenant une solution saturée de chlorure de calcium, un appareil à électrolyse, une balance de précision.

Précipitation de Cu^2O. — On prélève dans un tube à centrifuger de 160 centimètres cubes, du bouillon déféqué. (Si la quantité de liquide est plus grande, on la divise en deux ou plusieurs portions et on étend chacune de ces portions à 100 centimètres cubes avec de l'eau distillée ; si elle est plus petite, on l'étend à 100 centimètres cubes.) On a soin que ces 100 centimètres cubes de liquide ne contiennent pas plus de 100 milligrammes de sucre réducteur, sans cela, on diviserait le liquide dans plusieurs tubes en étendant le contenu de chacun, de façon à ce que 100 centimètres cubes de liquide renferment moins de 100 milligrammes de sucre réducteur.

D'autre part, on a préparé les liqueurs suivantes *(Liqueurs d'Allihn)* :

[1] Chapelle, thèse Faculté de médecine, Paris, 1899.
[2] A. Morel, *Congrès Assoc. française*, Lyon, 1906.

Liqueur cuprique A.

Sulfate de cuivre pur	69 gr. 2
Eau distillée Q. s. pour	1 litre.

Liqueur tartrique alcaline B.

Sel de Seignette.	346 grammes
Potasse caustique en plaques	250 —
Eau distillée *q. s.* pour	1 litre.

et on ajoute aux 100 centimètres cubes contenus dans chaque tube à centrifuger 20 centimètres cubes de chacune des deux liqueurs A et B. On agite le contenu de chaque tube avec un fil de platine.

On place alors les tubes à centrifuger dans un panier en fil de fer pouvant contenir quatre ou huit tubes, et permettant de maintenir ces tubes verticaux dans une marmite pleine d'une solution de chlorure de calcium. Cette marmite est placée sur un fourneau et l'on chauffe jusqu'à ce que le liquide commence à bouillir dans les tubes que l'on recouvre, chacun, d'un entonnoir de verre renversé, servant de protecteur contre les projections du liquide extérieur. On note l'instant précis où chaque tube commence à bouillir, et, en surveillant la chauffe, on maintient l'ébullition régulière dans chaque tube cinq minutes exactement. On retire chaque tube avec une pince en bois et on le place dans son porte-tube. On centrifuge alors immédiatement et après quelques minutes on peut décanter rapidement le liquide bleu, sans craindre de perdre la moindre parcelle de précipité rouge. On ajoute alors dans chaque tube 100 centimètres cubes d'eau chaude qu'on a fait bouillir à part dans un ballon, puis on centrifuge ; on décante le liquide et on recommence encore deux lavages

Titrage de Cu^2O. — On peut, soit peser directement Cu^2O séché à l'étuve comme l'a fait Chapelle dans le tube à centrifuger taré au préalable, soit encore, peser le cuivre déposé par électrolyse sur une électrode en platine taré. Pour faire ce dosage pondéral du cuivre, on dissout le précipité de Cu^2O

dans le tube à centrifuger avec 5 centimètres cubes d'acide nitrique concentré pur, puis on ajoute 50 centimètres cubes d'eau distillée et on verse le liquide dans la capsule de l'appareil à électrolyse; on rince le tube avec 20 centimètres cubes d'eau distillée qu'on ajoute au liquide précédent. On fait passer un courant de densité 0,5 à 1 ampère par 100 centimètres carrés, avec un voltage de 2 volts 2 à 2 volts 5 pendant cinq à six heures environ. On essaie si la liqueur ne contient plus de cuivre en faisant monter le niveau du liquide dans la capsule par addition de 10 centimètres cubes d'eau, qu'on agite avec le liquide, et en continuant l'électrolyse pendant une demi-heure. Si tout le cuivre a été déposé, on ne doit voir aucun anneau rose au-dessus de la couche de cuivre préalablement déposé. On lave alors les électrodes *sans interrompre le courant*, en siphonant le liquide dans une fiole à vide et en le remplaçant d'une façon continue par de l'eau distillée; quand le liquide n'est plus acide, on sépare les électrodes et on enlève la cathode qu'on lave à l'eau distillée, puis à l'alcool fort et pur (ne laissant aucun résidu) et on la sèche à l'étuve à 105 degrés pendant un quart d'heure. On pèse la cathode après refroidissement dans l'exsiccateur. La cathode est alors lavée avec AzO^3H concentré qui dissout le cuivre, puis à l'eau distillée, puis à l'alcool, on la sèche et on la pèse. La différence de poids donne la masse du cuivre.

Calcul de la quantité de sucre en fonction de Cu, réduit :

La table suivante, établie par A. Morel, donne en fonction du poids du cuivre réduit le poids de glucose.

GLUCOSE en milligrammes	CUIVRE en milligrammes	GLUCOSE en milligrammes	CUIVRE en milligrammes
—	—	—	—
0	0,6	6	13,4
1	2,6	7	15,5
2	4,8	8	17,6
3	7,0	9	19,7
4	9,2	10	21,8
5	11,3		

3° Technique de Gabriel Bertrand[1]. — Ce procédé volumétrique, fort exact, a l'avantage de n'exiger ni centrifugeur, ni balance de précision.

Principe de la méthode : Dans ce mode opératoire, on se sert comme réactif de deux solutions, l'une de sulfate de cuivre pur, l'autre de sel de Seignette additionnée de soude, qu'on mélange au moment du besoin suivant les indications de Soxhlet (les réactifs préparés d'avance se modifient avec le temps et ne donnent plus de résultats concordants). La durée d'ébullition, comptée à partir du moment où se dégagent les premières bulles de vapeur, est portée à trois minutes pour toutes les espèces de sucres. Quand la réaction est terminée, au lieu de peser le cuivre réduit à l'état d'oxyde ou de métal, on le dose volumétriquement en traitant l'oxydule de cuivre par une solution acide de sulfate ferrique. L'oxydule se dissout à l'état de sulfate de cuivre ordinaire, tandis qu'une proportion correspondante de sel ferrique passe à l'état de sel ferreux.

$$Cu^2O + (SO^4)^3Fe^2 + SO^4H^2 = 2SO^4Cu + 2SO^4Fe$$

On dose ce dernier au permanganate de potassium et l'on peut ainsi, en s'appuyant sur l'équation ci-dessus, calculer la quantité de cuivre qui a été précipitée par le sucre.

Voici en détail comment on opère :

Préparer les liqueurs suivantes :

A. — *Liqueur cuivrique.*

Sulfate de cuivre pur	40 grammes.
Eau distillée, quantité suffisante pour . .	1 litre.

B. — *Liqueur alcaline.*

Sel de Seignette.	200 grammes.
Soude caustique, en plaques	150 —
Eau distillée, quantité suffisante pour . .	1 litre.

C. — *Liqueur ferrique.*

Sulfate ferrique	50 grammes.
Acide sulfurique	200 —
Eau distillée, quantité suffisante pour . .	1 litre.

[1] G. Bertrand, Le dosage des sucres réducteurs (*Bull. Soc. chimique*, 3e, XXXV, 1285).

D. — *Liqueur permanganique.*

Permanganate de potassium	5 grammes.
Eau distillée, quantité suffisante pour . .	1 litre.

La liqueur ferrique ne doit pas réduire le permanganate de potassium. On s'en assure en y ajoutant, avec précaution, de la liqueur oxydante : un faible changement de coloration doit apparaître déjà après quelques gouttes : sinon, on verserait du permanganate jusqu'à ce que ce résultat soit atteint ; la liqueur ferrique serait alors prête pour l'usage.

Recherche qualitative. — Déféquer le liquide à examiner et éliminer l'excès de déféquant. Dans 10 centimètres cubes du liquide déféqué, ajouter 20 centimètres cubes de liqueur A et 20 centimètres cubes de liqueur B. Chauffer à l'ébullition et maintenir l'ébullition exactement trois minutes ; filtrer sur un filtre sans pli ; si le liquide est doué de pouvoir réducteur, on obtient sur le filtre Cu^2O jaune ou rouge, qu'on lave à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus colorée en bleu. Si l'on a des doutes sur la nature de ce dépôt, on le caractérisera puisqu'il se dissout en bleu céleste dans l'ammoniaque.

Dosage. — Dans une fiole d'Erlenmeyer de 125 centimètres cubes de capacité, verser 20 centimètres cubes de la solution réductrice. Ces 20 centimètres cubes peuvent contenir jusqu'à 100 milligrammes de sucre réducteur, mais il est préférable qu'ils en renferment un peu moins (entre 10 et 90 milligrammes, les résultats sont les plus précis). Si la quantité convenable de sucre est contenue dans un volume moindre de solution, on doit compléter les 20 centimètres cubes avec de l'eau versée directement dans la fiole conique, car il est nécessaire que le volume final soit constant. On ajoute à la solution sucrée 20 centimètres cubes de liqueur cuprique, 20 centimètres cubes de liqueur alcaline et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition, qu'on maintient exactement trois minutes. (On évite une ébullition trop vive qui concentrerait trop le

liquide.) Après trois minutes d'ébullition, on retire la fiole du feu ; on laisse déposer un instant l'oxydule de cuivre et on passe le liquide surnageant à travers un filtre d'amiante. La couleur de ce liquide doit indiquer nettement la présence d'un excès de cuivre : s'il en était autrement, c'est que la quantité de sucre employée aurait été trop grande et il faudrait recommencer le dosage.

Pour la filtration, on se sert d'un tube à amiante genre Soxhlet, monté à l'aide d'un bouchon de caoutchouc sur une fiole en verre conique, pas trop épaisse, de 150 centimètres cubes de capacité. On fait le vide dans la fiole par l'intermédiaire d'une tubulure latérale. Le tube à amiante a 14 centimètres de longueur totale. La partie supérieure, de 6 centimètres de longueur et de 17 millimètres environ de diamètre est cylindrique. Ce tube est assez fortement étranglé pour retenir l'amiante et se prolonge, au-dessous de l'étranglement, par une partie tirée en cône qui rentre dans le bouchon de caoutchouc.

On obtient un bon filtre en opérant comme il suit : on choisit de l'amiante en grosses fibres, un peu dures, et l'on en fait une pelote sphérique du diamètre du tube que l'on pousse jusqu'à l'étranglement, en la pressant un peu. Au-dessus, on place une petite couche d'amiante beaucoup plus fine, obtenue en broyant de l'amiante ordinaire à fibres douces, avec de l'eau : on décante les parties plus fines qu'on met à part ; on jette la bouillie restante sur le tampon et l'on essore. Enfin, on termine la préparation du filtre en y faisant passer les portions plus fines de l'amiante qu'on a séparées par broyage et décantation. La dernière couche ainsi obtenue, celle qui agit vraiment comme filtre, doit avoir au moins 2 à 3 millimètres d'épaisseur ; les deux premières lui servent simplement de support, elles ont ensemble à peu près 1 centimètre. On doit veiller à ce que chaque couche ait une épaisseur régulière et une surface horizontale. Quand on a un peu d'habitude, il suffit de quelques instants pour préparer un très bon filtre

d'amiante pouvant servir à un très grand nombre de dosages (quelquefois plusieurs centaines).

Il est recommandable d'entraîner le moins possible l'oxydule de cuivre sur le filtre ; il y formerait un dépôt compact qui ne se dissoudrait plus avec toute la rapidité désirable dans la liqueur ferrique. Lorsque le liquide surnageant le précipité d'oxydule de cuivre a été séparé, on délaye le précipité dans un peu d'eau tiède ; on laisse déposer encore une fois et on décante le liquide de lavage sur le filtre. La fiole à filtration est alors vidée et rincée ; elle est prête à servir à la seconde partie de l'opération, c'est-à-dire au dosage du cuivre réduit[1].

Ce dosage s'effectue d'une manière très simple et très rapide. On dissout l'oxydule de cuivre dans la liqueur ferrique ajoutée peu à peu en remuant, en quantité suffisante, 5, 10, 20 centimètres cubes. Le précipité passe instantanément du rouge vif au bleu noir, puis donne une solution limpide d'un beau vert d'eau. On verse cette solution sur le filtre pour dissoudre au passage la petite quantité d'oxydule qui y est retenue. Si celle-ci tarde trop à disparaître, on délaye un peu, avec un agitateur, la couche superficielle du filtre pour augmenter les points de contact avec la liqueur ferrique et on modère en même temps la vitesse de la filtration en cessant de faire le vide. S'il est nécessaire, on ajoute encore quelques centimètres cubes de liqueur ferrique[2]. Enfin, quand tout l'oxydule est dissout, on lave la fiole d'Erlenmeyer et le filtre avec de l'eau distillée, puis on titre le liquide rassemblé dans la fiole à filtration avec le permanganate. Le virage est extrêmement net et se distingue aussi bien à la lumière artificielle qu'en plein jour : la couleur passe du vert au rose avec une seule goutte de permanganate en excès :

[1] Si l'on dispose d'une centrifugeuse, on peut recueillir par centrifugation le précipité d'oxydule de cuivre.

[2] Il peut arriver, après un assez grand nombre d'opérations, que des poussières accumulées noircissent la partie supérieure du filtre d'amiante. On enlève alors avec précaution la couche filtrante, on la sèche, on la calcine, puis on la remet en place.

souvent, une partie notable de la dernière goutte de liqueur oxydante est utilisée pour terminer la transformation du sel ferreux en sel ferrique et il ne reste plus que juste assez de permanganate pour compenser la teinte verte du liquide ; celui-ci semble alors se décolorer brusquement : si on ajoute une goutte de plus, on obtient une coloration rose intense.

La durée totale de l'opération est de quinze à vingt minutes.

Pour le calcul, on voit d'après l'équation :

$$Cu^2O + (SO^4)^3Fe^2 + SO^4H^2 = 2SO^4Cu + H^2O + 2SO^4Fe \quad (1).$$

déjà donnée que deux atomes de cuivre précipités par le sucre réducteur correspondent à deux molécules de sulfate ferreux, c'est-à-dire à deux atomes de fer à oxyder par le permanganate. Il n'y a donc qu'à multiplier le titre en fer de la solution de permanganate par le rapport $\frac{63.6}{55.9} = 1,1377$ pour avoir son titre en cuivre. On trouve ensuite dans l'un des tableaux annexés à ce travail la correspondance entre les poids de cuivre et ceux des principaux sucres réducteurs [1].

Pour le titrage de la solution de permanganate employée, il est avantageux de se servir d'oxalate d'ammonium, car ce sel qui n'est ni efflorescent ni hygroscopique est très facile à se procurer à l'état pur. On en pèse 250 milligrammes (ou une quantité voisine) qu'on met dans un Bécher-glass ou une capsule de porcelaine avec 50 ou 100 centimètres cubes d'eau et 1 ou 2 centimètres cubes d'acide sulfurique pur : on chauffe vers 60-80 degrés et l'on verse la solution de permanganate jusqu'à coloration rose (environ 22 centimètres). L'ammoniaque du sel n'intervient pas, mais seulement l'acide oxalique [2].

[1] Le mémoire original de G. Bertrand contient les tableaux de correspondance établis pour le glucose, le mannose, le galactose, le sorbose et le suc interverti (Hexoses); pour le xylose et l'arabinose naturels (Pentoses); pour le dioxyacétone (Trioses), pour le maltose et le sucre de lait (Saccharoses); nous ne citons que celui relatif au glucose, nos recherches qualitatives nous ayant appris que nos dosages portaient tous sur du glucose.

[2] On pourrait également se servir d'acide oxalique, mais ce corps cristallisé avec

Or, d'après les réactions ci-dessous :

$$10\,SO^4Fe + 2\,MnO^4K + 8\,SO^4H^2 =$$
$$5\,[(SO^4)^3Fe^2] + SO^4K^2 + 2\,SO^4Mn + 8\,H^2O \quad (2).$$
$$5\,C^2O^4H^2 + 2\,MnO^4K + 3\,SO^4H^2 =$$
$$10\,CO^2 + 2\,SO^4Mn + SO^4K^2 + 8H^2O \quad (3).$$

une molécule d'acide oxalique ou, ce qui revient au même, une molécule d'oxalate d'ammoniaque cristallisée $C^2O^4H^2.2NH^3 + H^2O$ (poids moléculaire 42,1) équivaut à 2Fe, soit d'après l'équation (1) à 2 Cu. En multipliant le poids d'oxalate par $\frac{63,6 \times 2}{142,1}$ ou 0,8951, on a la quantité de cuivre qui correspond au volume de solution de permanganate employé pour amener la coloration rose.

Glucose[1].

$$\text{Quatrième cristallisation } (\alpha)_D = \frac{+\,4^{o}07 \times 51\text{ cc.}1}{1\text{ gr. }96 \times 2\text{ d}} = 52 \text{ degrés.}$$

SUCRE en milligrammes	CUIVRE en milligrammes	SUCRE en milligrammes	CUIVRE en milligrammes
—	—	—	—
10	20,4[2]	17	34,2
11	22,4	18	36,2
12	24,3	19	38,1
13	26,3	20	40,1
14	28,3	21	42
15	30,2	22	43,9
16	32,2	23	45,8

deux molécules d'eau est efflorescent et ne présente pas, par conséquent, les garanties de son sel ammoniacal.

[1] On a déterminé par l'expérience seulement les points principaux de ce tableau, de 10 milligrammes en 10 milligrammes; les solutions employées étaient des solutions de glucose pur au titre de 5 grammes par litre (pour les pesées, les prises d'essai étaient desséchées dans le vide sur l'acide sulfurique à la température + 30 degrés jusqu'à poids constant); chaque dosage était fait plusieurs fois et par deux personnes différentes au moins; on a calculé ensuite les rapports $\frac{\text{sucre réducteur}}{\text{cuivre précipité}}$ et, pour rendre les écarts plus sensibles, reporté ces rapports sur du papier quadrillé puis construit la courbe d'où les chiffres définitifs ont été tirés.

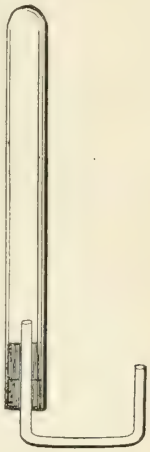
[2] Pour les poids de cuivre inférieurs à 20 milligrammes, la correspondance a été établie en se servant du tableau d'Albert Morel, donné précédemment.

SUCRE en milligrammes	CUIVRE en milligrammes	SUCRE en milligrammes	CUIVRE en milligrammes
24	47,7	63	117,9
25	49,6	64	119,6
26	51,5	65	121,3
27	53,4	66	123,0
28	55,3	67	124,7
29	57,2	68	126,4
30	59,1	69	128,1
31	60,9	70	129,8
32	62,8	71	131,4
33	64,6	72	133,1
34	66,5	73	134,7
35	68,3	74	136,3
36	70,1	75	137,9
37	72,0	76	139,6
38	73,8	77	141,2
39	75,7	78	142,8
40	77,5	79	144,5
41	79,3	80	146,1
42	81,1	81	147,7
43	82,9	82	149,3
44	84,7	83	150,9
45	86,4	84	152,5
46	88,2	85	154,0
47	90,0	86	155,6
48	91,8	87	157,2
49	93,6	88	158,8
50	95,4	89	160,4
51	97,1	90	162,0
52	98,9	91	163,6
53	100,6	92	165,2
54	102,3	93	166,7
55	104,1	94	168,3
56	105,8	95	169,9
57	107,6	96	171,5
58	109,3	97	173,1
59	111,1	98	174,6
60	112,8	99	176,2
61	114,5	100	177,8
62	116,2		

δ. Mise en évidence d'un sucre fermentescible.

On ajoute au liquide déféqué par le procédé Abeles un peu de levure de bière et on place à l'étuve pendant vingt-quatre heures : s'il existe dans la solution un sucre fermentescible on observe un dégagement de gaz (CO^2).

Appareil employé. — On se sert d'un tube à essai bouché par un bouchon à un trou dans lequel passe un tube de verre deux fois recourbé ; on remplit complètement de liquide additionné de levure le tube à essai, puis on remplit d'eau le tube recourbé que l'on bouche à une extrémité avec un doigt, enfin, retournant ce tube recourbé, on bouche le tube à essai et l'on retourne l'ensemble : si le remplissage est bien fait, on ne doit pas avoir de bulle au sommet du tube.



Tube à fermentation.

Conditions d'une bonne fermentation. — La température de l'étuve doit être maintenue entre 34 et 38 degrés et la durée de la fermentation ne doit pas dépasser vingt-quatre heures.

On doit prendre de la levure bien fraîche que l'on agite avec de l'eau pure dans un grand verre et qu'on essore ensuite sur une essoreuse à vide. On la lave à plusieurs reprises de cette façon, puis on la transporte avec un fil de platine dans le liquide fermentescible ; il n'en faut pas trop mettre (le poids de la levure doit être inférieur à la moitié du poids du sucre que contient la solution).

ε. Formation des osazones.

On place une certaine quantité de bouillon déféqué au fond d'un tube à essai ; on ajoute une pincée de chlorhydrate de

phénylhydrazine et le double d'acétate de soude ; puis on additionne le tout de quelques gouttes d'acide acétique. Le mélange est chauffé pendant trente minutes sur un bain-marie bouillant, et on laisse refroidir pendant douze heures ; on essore les cristaux jaunes qui se sont formés puis on les lave avec très peu d'eau bien froide.

(Méthode décrite par Fisher[1], Jaksch[2].)

b) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES RECHERCHES

16 mai 1907. — Escargots sortant de l'hibernation; les bouillons sont déféqués par l'acide phosphotungstique.

1° Ces solutions réduisent la liqueur de Fehling; leur pouvoir réducteur, calculé en glucose, est le suivant :

Foie	0 gr. 215	dans	4 gr. 211	: 5,1 o/o
Glande de l'albumine .	0 gr. 0066	—	1 gr. 049	: 0,6 —
Muscle du pied . . .	0 gr. 0028	—	4 gr. 406	: 0,06 —

2° Ces solutions fournissent des cristaux d'osazones insolubles dans l'eau et présentant, examinés au microscope, l'aspect caractéristique des cristaux de phénylglucosazone. Ces cristaux, de couleur jaune verdâtre, sont formés d'aiguilles très fines, très déliées, disposées en houppe, en fuseau ou en rosace.

30 mai 1907. — Escargots éveillés et alimentés; les bouillons sont déféqués par l'acide phosphotungstique.

1° La solution fournie par le foie réduit seule la liqueur de Fehling; son pouvoir réducteur, calculé en glucose, est de 0 gr. 092 pour 4 gr. 959 de foie ;

2° Cette solution est la seule qui fournisse des cristaux d'osazones ; ils ont l'aspect de cristaux de phénylglucosazone.

5 juin, 11 juin, 14 juin. — Escargots en pleine activité. Les bouillons obtenus avec le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied sont déféqués par l'acide phosphotungstique.

1° Par ébullition prolongée avec la liqueur de Fehling, ces solutions ont

[1] Fischer, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 19, 21, 984.
[2] Jaksch, *Z. Physiol.*, 14, 377.

donné une très légère précipitation d'oxydule de cuivre, mais la liqueur reste toujours très bleue.

2° Ces solutions n'ont fourni aucun cristal d'osazone.

26 juin-1er juillet. — Escargots en pleine activité. Les bouillons sont déféqués par l'acétate mercurique (procédé Patein), puis on en fait deux parts; dans l'une, on cherche le pouvoir réducteur; l'autre portion, concentrée au bain-marie, est utilisée pour la formation des osazones; les résultats suivants ont été obtenus :

26 juin.

	POUVOIR RÉDUCTEUR	OSAZONES
	gr.	gr.
Foie.	Nul[1] dans 1,432	Rien dans 0,955
Glande de l'albumine .	— 1,12	— 0,66
Muscle du pied . . .	— 2,225	— 1,515

1er juillet.

Foie.	Nul dans 2,61	Rien dans 1,74
Glande de l'albumine.	Traces, moins de 0,001, dans 3,792	— 2,652
Muscle du pied . . .	Nul dans 3,815	— 2,53

10 juillet. — Escargots en pleine activité. Les bouillons sont déféqués par l'acétate mercurique, mais, pour enlever le mercure, on emploie la méthode de Bierry et Portier, car, dans les recherches précédentes, malgré les manipulations faites pour l'éliminer, il y en a toujours eu en excès. Les solutions déféquées sont divisées en deux parties : l'une sert à la formation des osazones; dans l'autre, on dose le pouvoir réducteur par la technique de Chapelle, modifiée par A. Morel.

Résultats :

	POUVOIR RÉDUCTEUR calculé en glucose	OSAZONES
	gr. gr.	gr.
Foie.	0,0026 dans 2,405	Rien dans 1,4
Glande de l'albumine .	0,001 — 4,382	— 2,1
Muscle du pied . . .	Nul — 4,462	— 2,23

[1] Après ébullition de cinq minutes de l'extrait déféqué avec les liqueurs d'Allihn et centrifugation, on n'a pu déceler aucune trace de Cu^2O.

Ces premières recherches nous ayant montré que le pouvoir réducteur des solutions fournies par le foie, la glande de l'albumine et le muscle varie considérablement pendant la période d'activité, depuis la fin de l'hibernation, nous avons fait toute une série de dosages entre le *8 février 1908* et le *30 mars 1909* afin de déterminer avec précision les variations de ce pouvoir réducteur; de plus, nous avons cherché, pendant la même période, à caractériser les corps qui donnaient à ces solutions leur pouvoir réducteur; il y avait vraisemblablement un sucre, puisque nous avions obtenu avec certaines des solutions étudiées des phénylosazones insolubles dans l'eau.

1° Détermination des valeurs du pouvoir réducteur.

Les bouillons ont toujours été déféqués par le procédé Morel, Monod, Bellion; le dosage du pouvoir réducteur a été fait suivant la technique de Gabriel Bertrand, mais en employant la solution de permanganate diluée au 1/10 ou au 1/5, afin d'obtenir des résultats plus précis; le pouvoir réducteur a été calculé en glucose.

Résultats :

8 février 1908. — Escargots operculés.

	TISSUS	POUVOIR RÉDUCTEUR	
	gr.	gr.	%
Foie.	3,367	0,012	0,35
Glande de l'albumine.	1,014	Nul.	
Muscle du pied . . .	6,038	0,0828	0,13

20 février. — Escargots operculés.

Foie.	3,418	0,013	0,38
Glande de l'albumine .	0,835	0,0036	0,43
Muscle du pied . . .	6,13	0,0034	0,05

12 mars. — Escargots operculés.

Foie.	1,874	0,056	0,30
Glande de l'albumine .	0,645	0,0035	0,55
Muscle du pied . . .	4,13	0,00285	0,06

31 mars. — Escargots operculés.

	TISSUS	POUVOIR RÉDUCTEUR	
	gr.	gr.	%
Foie.	2,828	0,0795	2,8
Glande de l'albumine.	0,86	0,012	1,3
Muscle du pied . . .	5,495	0,0118	0,2

11 avril. — Escargots toujours operculés.

Foie.	2,321	0,0855	3,68
Glande de l'albumine.	0,47	0,039	8,4
Muscle du pied . . .	5,185	0,0196	0,37

28 avril. — Escargots à la fin de leur hibernation.

Foie.	2,012	0,0053	0,26
Glande de l'albumine.	0,489	0,0035	0,71
Muscle du pied . . .	5,989	0,003	0,05

21 mai. — Escargots ayant repris la vie active.

Foie.	2,303	0,00387	0,16
Glande de l'albumine.	0,417	0,0037	0,89
Muscle du pied . . .	6,47	0,0052	0,08

4 juin. — Escargots en pleine activité.

Foie.	1,74	0,00385	0,22
Glande de l'albumine.	0,283	0,0009	0,35
Muscle du pied . . .	4,653	Nul.	

17 juin. — Escargots en pleine activité.

Foie.	2,998	0,0056	0,18
Glande de l'albumine.	2,15	0,0022	0,1
Muscle du pied . . .	6,13	0,0023	0,037

7 juillet. — Escargots en pleine activité.

Foie.	2,22	0,0064	0,28
Glande de l'albumine.	3,08	0,0023	0,07
Muscle du pied . . .	4,219	0,0014	0,03

22 juillet.

Foie.	3,485	0,0094	0,27
Glande de l'albumine.	1,9	0,0052	0,27
Muscle du pied . . .	6,22	0,0016	0,02

23 octobre. — Escargots ayant mangé, s'encoquillant.

	TISSUS	POUVOIR RÉDUCTEUR	
	gr.	gr.	gr.
Foie.	1,43	0,0041	0,28
Glande de l'albumine .	0,14	0,0025	1,78
Muscle du pied . . .	3,14	0,003	0,09

23 novembre. — Escargots encoquillés.

Foie.	1,06	0,0028	0,26
Glande de l'albumine .	0,2	0,0043	2,1
Muscle du pied . . .	2,16	0,0017	0,07

8 janvier 1909. — Escargots operculés.

Foie.	2,015	0,0064	0,31
Glande de l'albumine .	0,38	0,0025	0,65
Muscle du pied . . .	3,47	0,0128	0,36

21 janvier. — Escargots operculés.

Foie.	2,29	0,0064	0,26
Glande de l'albumine .	1,369	0,0019	0,15
Muscle du pied . . .	5,26	0,00526	0,1

19 février. — Escargots operculés.

Foie.	1,67	0,0034	0,20
Glande de l'albumine .	0,315	0,002	0,63
Muscle du pied . . .	3,99	0,0032	0,08

12 mars. — Animaux operculés.

Foie.	1,82	0,0126	0,69
Glande de l'albumine .	0,837	0,0062	0,74
Muscle du pied . . .	5,39	0,017	0,09

30 mars. — Escargots operculés.

Foie.	1,644	0,0111	0,67
Glande de l'albumine .	0,368	0,0077	2
Muscle du pied	4,072	0,041	0,1

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages précédents.

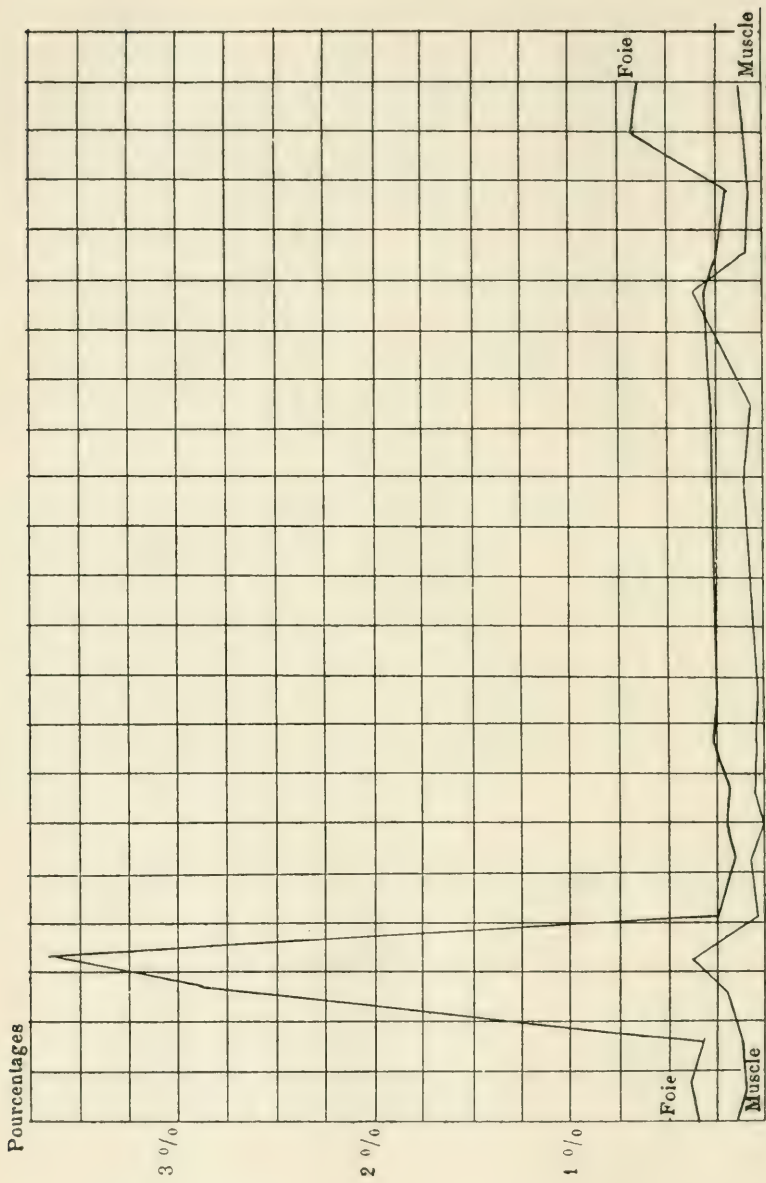
POUVOIR RÉDUCTEUR (calculé en glucose).

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES			POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
			Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
			%	%	%
8 févr. 1908.	Escargots	operculés	0,35	nul	0,13
20 février.	—	—	0,38	0,43	0,05
12 mars	—	—	0,30	0,55	0,06
31 mars	—	—	2,8	1,3	0,2
11 avril	—	—	3,68	8,4	0,37
28 avril	—	à la fin de leur hibernation.	0,26	0,71	0,05
21 mai	—	en pleine activité	0,16	0,89	0,08
4 juin	—	— —	0,22	0,35	nul
17 juin	—	— —	0,18	0,1	0,037
7 juillet	—	— —	0,28	0,07	0,03
22 juillet	—	— —	0,27	0,27	0,02
22 octobre	—	ayant mangé, s'encoquillant	0,28	1,78	0,09
23 novembre	—	encoquillés	0,26	2,1	0,07
8 janv. 1909.	—	operculés	0,31	0,65	0,36
21 janvier	—	—	0,26	0,15	0,1
19 février.	—	—	0,20	0,63	0,08
12 mars	—	—	0,69	0,74	0,09
30 mars	—	—	0,67	2	0,1

2° Détermination de la nature de ce corps réducteur.

Pour caractériser le ou les corps réducteurs contenus dans les tissus de l'escargot, nous avons cherché si les solutions préparées étaient susceptibles de fermenter et de fournir des osazones.

α. *Fermentation.* — Le *18 mars 1908*, trente-deux escargots



Courbes du pouvoir réducteur (calculé en glucose) du tissu hépatique et du tissu musculaire.

operculés sont disséqués pour la préparation des bouillons; ceux-ci sont déféqués par le procédé Abeles; puis on dose le pouvoir réducteur de chaque solution en employant 20 centimètres cubes de chaque.

Le reste, additionné de levure de bière, est placé dans des tubes *ad hoc*, puis placé vingt-quatre heures à l'étuve à 38 degrés. Au bout de vingt-quatre heures, on constate que *chaque tube contient du gaz carbonique*, la production est plus abondante dans celui qui renferme la solution fournie par le foie. On dose alors le pouvoir réducteur des solutions fermentées, d'abord sur 10 centimètres cubes, puis sur toute la solution, le premier essai ayant été négatif; ces nouvelles recherches donnent également un résultat négatif : *les solutions fermentées sont donc dépourvues de pouvoir réducteur.*

30 mars 1908. — Trente escargots operculés sont employés pour une recherche analogue, qui fournit les mêmes résultats : après fermentation, les tubes où l'on a placé les solutions fournies par le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied contiennent CO^2, mais les bouillons sont alors dépourvus de tout pouvoir réducteur.

Conclusion. — *Le pouvoir réducteur des solutions étudiées est dû à un corps fermentescible.*

6. *Formation des osazones.* — Les bouillons fournis par le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied sont déféqués par le procédé Patein; les solutions obtenues sont parfaitement neutralisées, puis concentrées au bain-marie bouillant avant d'être utilisées pour la formation des osazones.

Résultats :

8 février 1908. — La solution fournie par le foie et celle fournie par le muscle du pied contiennent des cristaux insolubles dans l'eau et qui, examinés au microscope, ont l'aspect des cristaux de phénylglucosazone.

29 avril 1908. — Les solutions fournies par le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied contiennent des cristaux d'osazones, insolubles dans

l'eau bouillante, solubles dans l'alcool bouillant et ayant l'aspect caractéristique des cristaux de phénylglucosazone.

4 février 1909. — Les solutions fournies par le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied contiennent des cristaux d'osazones insolubles dans l'eau bouillante, solubles à chaud dans l'alcool et ayant l'aspect caractéristique des cristaux de phénylglucosazone.

4 mars 1909. — Les trois solutions étudiées fournissent de beaux cristaux ayant l'aspect de ceux de phénylglucosazone. Ces cristaux insolubles dans l'eau bouillante, sont également insolubles dans un mélange à 50 p. 100 d'eau et d'acétone (réactif de Grimbert [1]); ces cristaux ne renferment donc pas d'osazones fournies par du maltose; ces cristaux se dissolvent dans l'alcool bouillant.

Conclusion. — Les solutions fournies par le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied de l'escargot donnent une osazone dont les cristaux ont l'aspect caractéristique de ceux de la glucosazone; ces cristaux étant, de plus, insolubles dans l'eau bouillante et dans le réactif de Grimbert, mais solubles à chaud dans l'alcool, *l'osazone obtenue est la phénylglucosazone.*

c) CONCLUSIONS

1° *Le foie, la glande de l'albumine et le muscle du pied de l'escargot contiennent un corps réducteur, fermentescible, susceptible de former une osazone présentant tous les caractères de la phénylglucosazone, ces tissus renferment donc* **du glucose ;**

2° *La teneur en glucose (dosé en fonction du pouvoir réducteur) du tissu hépatique et du tissu musculaire est très variable; cette teneur est plus grande pendant l'hibernation que pendant la vie active; le maximum est atteint vers la fin de l'hibernation, le minimum (quelquefois zéro pour le tissu musculaire) se réalise immédiatement après la reprise de la pleine activité.*

Remarques. — 1° Un certain nombre des solutions déféquées ont été examinées au polarimètre de Laurent; aucune dévia-

[1] Grimbert, *Journ. pharm. et chim.*, XVII, 225.

tion sensible n'a pu être observée, ce qui s'explique, la teneur relative de ces solutions en sucre étant toujours très faible. (Nous ne pouvions les concentrer, puisqu'un volume de liquide relativement considérable est nécessaire pour l'examen polarimétrique) ;

2° Nous n'avons pas essayé de former d'autres dérivés du sucre renfermé dans les tissus car il nous était matériellement impossible de réaliser, en un laps de temps assez court pour éviter la glycolyse, la dissection du grand nombre d'animaux nécessaires pour que leurs tissus fournissent la quantité de sucre, relativement considérable, exigée par ces manipulations.

LE SUCRE DANS LE SANG DE L'ESCARGOT

E. Couvreur[1] avait déjà recherché si le sang d'*Hélix pomatia* contenait du sucre ; en collaboration avec lui, nous avons repris l'étude de cette question ; nous avons étudié le pouvoir réducteur du sang préalablement déféqué par la chaleur, et nous avons essayé de former des osazones avec le liquide ainsi obtenu. Le pouvoir réducteur a été cherché par addition des liqueurs d'Allihn, puis, après trois minutes d'ébullition, la solution était centrifugée, afin de recueillir, s'il y avait eu réduction, le précipité d'oxydule de cuivre.

Conditions et Résultats des Recherches

Le 17 mai, le 28 mai, le 31 mai, le 14 juin 1907, on a essayé de former des osazones en employant 4 centimètres cubes de sang fourni par des escargots en pleine activité ; aucun cristal d'osazone n'a été trouvé dans des solutions.

Le 16 octobre, le 23 novembre (début de l'hibernation), une recherche analogue a donné également des résultats négatifs.

Le 17 décembre, on fait deux parts égales de 20 centimètres cubes de sang provenant d'escargots operculés ; l'une sert à chercher le pouvoir réducteur,

[1] E. Couvreur, Notes sur le sang de l'escargot (*C. R. Société de Biologie*, 28 avril 1900).

l'autre, concentrée à 2 centimètres cubes, est employée à la formation des osazones ; le pouvoir réducteur est nul et aucun cristal d'osazone n'est obtenu.

29 janvier 1908. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : très net.
Aucun cristal d'osazone.

8 février. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : très net.

13 février. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : existe.
Cristaux de glucosazone.

20 février. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : très faible.
Aucun cristal d'osazone.

22 février. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : nul.
Aucun cristal d'osazone.

10 mars. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 5 centimètres cubes : des traces.
Aucun cristal d'osazone.

18 mars. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 10 centimètres cubes : léger dépôt de Cu^2O.
Aucun cristal d'osazone.

28 mars. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : nul.

30 mars. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : des traces de Cu^2O.
Aucun cristal d'osazone.

3 avril. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 15 centimètres cubes : moins de 0 gr. 002.
Aucun cristal d'osazone.

7 avril. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 10 centimètres cubes : des traces.
Aucun cristal d'osazone.

9 avril. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 12 centimètres cubes : nul.

10 avril. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 8 centimètres cubes : traces de Cu^2O.
Après concentration au 1/12 quelques cristaux de glucosazone.

29 avril. — Escargots à la fin de l'hibernation.

Pouvoir réducteur de 9 centimètres cubes : nul.

14 mai. — Escargots en pleine activité.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : nul.

21 mai. — Escargots en pleine activité.

Pouvoir réducteur de 7 centimètres cubes : nul.

29 mai. — Escargots en pleine activité.

Pouvoir réducteur de 9 centimètres cubes : nul.

11 juin. — Escargots en pleine activité.

Pouvoir réducteur de 7 centimètres cubes : nul.

7 juillet. — Escargots en pleine activité.

Pouvoir réducteur de 5 centimètres cubes : nul.

21 juillet. — Escargots en pleine activité.

Pouvoir réducteur de 10 centimètres cubes : nul.

9 octobre. — Escargots éveillés et alimentés.

Pouvoir réducteur de 5 centimètres cubes : nul.

30 octobre. — Escargots au début de l'hibernation.

Pouvoir réducteur de 12 centimètre cubes : nul.

20 novembre. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 17 centimètres cubes : 0 gr. 001 [1].

15 décembre. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : des traces.

7 janvier 1909. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : 0 gr. 014.

8 janvier. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : très net.

11 janvier. — Escargots operculés.

6 centimètres cubes de sang concentrés à 2 centimètres cubes fournissent de beaux cristaux de glucosazone (insolubles dans l'eau bouillante et solubles dans l'alcool à chaud.)

4 février. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 14 centimètres cubes : 0 gr. 038.

11 février. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : existe.

4 mars. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 7 centimètres cubes : léger dépôt de Cu^2O.

25 mars. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 4 centimètres cubes : un point d'oxydule.

4 avril. — Escargots operculés.

Pouvoir réducteur de 10 centimètres cubes : des traces.

CONCLUSIONS

Pendant la vie active, au début et à la fin de l'hibernation, le sang de l'escargot est dépourvu de pouvoir réducteur. Celui-ci apparaît dans le courant de l'hibernation. A ce

[1] Dosé par la technique de G. Bertrand.

moment (janvier, février), le sang ayant fourni des cristaux de glucosazone, nous pensons que pendant une période assez courte de la vie hibernale, et à cette période seulement, le sang contient du glucose décelable.

On peut se demander si le glucose n'existe pas « *virtuellement*[1] » dans le sang de l'escargot, c'est-à-dire sous forme de glucoprotéides ; il ne pourrait alors être décelé par les procédés habituels de dosages puisque la défécation précipite les albuminoïdes. Ayant déféqué par la chaleur du sang d'escargots en activité (20 cc., 45 cc.) et ayant constaté que le pouvoir réducteur du liquide déféqué était presque nul, nous avons traité par l'acide fluorhydrique en solution aqueuse à 25 pour 100, pendant plusieurs jours (2 jours, 4 jours), le coagulum provenant de la défécation ; le pouvoir réducteur du liquide fourni par cette hydrolyse était très net. Il semble donc que le *sang de l'escargot en pleine activité contienne du « sucre virtuel »*.

Remarque. — Une partie de ces résultats semble en contradiction avec ceux obtenus par G. Seillière[2], qui a trouvé du glucose dans le sang d'escargots en pleine activité. Nous ferons observer que G. Seillière s'est placé dans des conditions expérimentales très particulières, puisque les animaux employés pour ses recherches avaient été nourris de pain arrosé d'eau sucrée.

[1] Lépine et Boulud, Sur le Sucre virtuel du sang (*C. R. Acad. des Sciences*, 21 septembre, 2 novembre 1903 ; 8 octobre 1906). — Sur le Sucre total du sang (*C. R. Acad. des Sciences*, 27 juillet, 30 novembre 1908).

[2] E. Couvreur et M. Bellion, Sur le sucre du sang de l'escargot (*C. R. Société de Biologie*, 19 octobre 1907). — G. Seillière, Sur l'absorption et la présence dans le sang de l'escargot des produits de l'hydrolyse digestive de la xylane (*C. R. Société de Biologie*, 7 décembre 1907). — E. Couvreur et M. Bellion, Sur le sucre du sang de l'escargot. Réponse à M. G. Seillière (*C. R. Société de Biologie*, 15 février 1908.) — G. Seillière, Objections à la note de M. Couvreur et de Mlle M. Bellion, « sur le Sucre du sang de l'escargot. Réponse à M. Seillière » (*C. R. Société de Biologie*, 14 mars 1908). — G. Seillière, Sur la présence du sucre dans le sang de l'escargot (*C. R. Société de Biologie*, 21 mars 1908). — E. Couvreur et M. Bellion, Sur le sucre du sang de l'escargot, nouvelle réponse à M. Seillière (*C. R. Société de Biologie*, 11 avril 1908).

VARIATIONS DU POUVOIR RÉDUCTEUR TOTAL DES TISSUS

Nous avons pensé qu'il y aurait quelque intérêt à savoir si le pouvoir réducteur de tous les tissus de l'escargot variait pendant l'hibernation.

Pour déterminer ce « pouvoir réducteur total », un ou deux animaux enlevés de leur coquille, soigneusement séparés de leur tube digestif étaient pesés, immergés dans l'eau bouillante, découpés, puis chauffés au bain-marie pendant une heure ; le bouillon ainsi obtenu était déféqué par le procédé Morel, Monod, Bellion, son pouvoir réducteur (calculé en glucose) dosé en employant la méthode de G. Bertrand.

Les tubes digestifs et leur liquide étaient épuisés par l'eau bouillante; après filtration on dosait le pouvoir réducteur (calculé en glucose) de la liqueur ainsi obtenue.

CONDITIONS ET RÉSULTATS DES DOSAGES

7 décembre 1907. — Trois escargots operculés.

Poids des tissus : 29 gr. 77. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 005 : 0,016 o/o.
Pouvoir réducteur de la solution fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 0015.

28 décembre 1907. — Trois escargots operculés.

Poids des tissus : 29 gr. 8. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 003 : 0,012 o/o.
Pouvoir réducteur de la solution fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 002.

18 janvier 1908. — Trois escargots operculés.

Poids des tissus : 30 gr. 1. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 029 : 0,09 o/o.

31 janvier 1908. — Escargots operculés.

Poids des tissus : 28 gr. 4. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 016 : 0,05 o/o.
Liqueur fournie par les tubes digestifs, pouvoir réducteur : 0 gr. 002.

11 juillet 1908. — Escargots en pleine activité.

Poids des tissus : 24 gr. 52. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 008 : 0,03 o/o.
Pouvoir réducteur de la liqueur fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 004.

22 janvier 1909. — Deux escargots operculés.

Poids des tissus : 18 gr. 85. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 036 : 0,19 o/o.
Pouvoir réducteur de la liqueur fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 005.

2 avril. — Deux escargots operculés.

Poids des tissus : 19 gr. 1. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 0164 : 0,085 o/o.
Pouvoir réducteur de la liqueur fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 002.

Nous avons fait aussi quelques dosages en employant des escargots que nous avions empêchés de tomber en torpeur hivernale.

30 janvier 1908. — Escargot éveillé artificiellement.

Poids des tissus : 14 gr. 1. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 0042 : 0,03 o/o.
Liqueur fournie par le tube digestif : pouvoir réducteur nul.

22 janvier 1909. — Escargots éveillés artificiellement.

Poids des tissus : 21 gr. 85. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 0015 : 0,007 o/o.
Pouvoir réducteur de le solution fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 003.

4 février 1909. — Escargots éveillés artificiellement.

Poids des tissus : 11 gr. 81. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 0055 : 0,045 o/o.
Pouvoir réducteur de la liqueur fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 003.

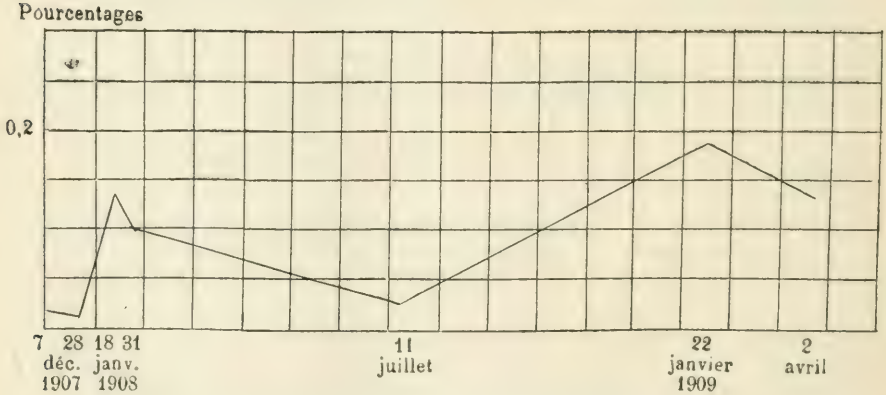
2 avril. — Escargots éveillés artificiellement.

Poids des tissus : 38 gr. 55. — Pouvoir réducteur : 0 gr. 001.
Pouvoir réducteur de la liqueur fournie par les tubes digestifs : 0 gr. 015.

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages précédents.

POUVOIR RÉDUCTEUR TOTAL DES TISSUS
(calculé en glucose).

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES			POURCENTAGES rapportés aux tissus frais	LIQUIDE du tube digestif
			%	grammes
7 déc. 1907.	Escargots operculés	. . . . .	0,016	0,0015
28 décembre.	—	—	0,012	0,002
18 janv. 1908.	—	—	0,09	non dosé
31 janvier .	—	—	0,05	0,002
11 juillet . .	—	en pleine activité	0,03	0,004
22 janv. 1909.	—	operculés	0,19	0,005
2 avril . .	—	—	0,085	0,002
30 janv. 1908.	—	éveillés artificiellement . .	0,03	nul
22 janv. 1909.	—	— — . .	0,007	0,003
4 février. .	—	— — . .	0,045	0,003
2 avril . .	—	— — . .	très légères tr.	0,015



Courbe du pouvoir réducteur total des tissus.

CONCLUSIONS

Le pouvoir réducteur total des tissus de l'escargot augmente pendant l'hibernation ; il est plus grand, à ce moment, que pendant la période de pleine activité.

6. — VARIATIONS DE LA TENEUR EN ALBUMINES SOLUBLES

Nous avons étudié seulement les variations des matières albuminoïdes solubles dans l'eau et coagulables par la chaleur.

a) TECHNIQUE

La méthode employée est celle décrite par *Armand Gautier*. Les tissus servant au dosage sont découpés en menus morceaux et triturés dans un mortier avec du sable siliceux ; on ajoute de l'eau distillée à raison de 300 à 500 centimètres cubes pour 20 grammes de tissu. Le tout, bien mélangé, est abandonné pendant vingt-quatre heures dans un endroit frais (on a eu soin d'ajouter quelques cristaux de cyanure de mercure pour éviter toute putréfaction). Au bout de ce temps, on filtre et on traite à nouveau le résidu par de l'eau distillée ; on obtient, après filtration, un liquide limpide que l'on coagule au bain-marie après l'avoir additionné de sulfate de soude (1 à 2 pour 100). On recueille sur un filtre taré (après dessiccation de vingt-quatre heures à l'étuve à 80 degrés) les albumines ainsi coagulées. Après une nouvelle dessiccation de vingt-quatre heures à l'étuve à 80 degrés, le filtre est pesé ; la différence entre le poids final et le poids initial donne le poids des albumines solubles dans l'eau contenues dans le tissu étudié.

CONDITIONS ET RÉSULTATS DES DOSAGES

16 mai 1907. — Escargots sortant de l'hibernation.

	TISSUS	ALBUMINES	
	gr.	gr.	%
Foie.	3,745	0,146	3,9
Glande de l'albumine.	1,515	0,536	35,4
Muscle du pied . . .	3,84	0,046	1,2

7 juin. — Escargots en pleine activité.

Foie.	3,105	0,152	4,9
Glande de l'albumine.	2,515	0,352	14
Muscle du pied . . .	3,325	0,066	1,7

5 juillet. — Escargots en pleine activité.

Foie.	2,74	0,161	5,9
Muscle du pied. . .	4,391	0,096	2,2

4 octobre. — Escargots éveillés et alimentés.

Foie.	3,45	0,289	8,4
Muscle du pied. . .	4,324	0,069	1,6

25 octobre. — Escargots éveillés et alimentés.

Foie.	2,932	0,269	9,2
Muscle du pied. . .	4,667	0,074	1,6

29 novembre. — Escargots munis d'un opercule transparent.

Foie.	3,445	0,192	5,6
Glande de l'albumine.	1,037	0,316	30,5
Muscle du pied. . .	4,7	0,061	1,3

23 décembre. — Escargots operculés.

Foie.	2,645	0,261	9,9
Glande de l'albumine.	0,679	0,225	33,2
Muscle du pied. . .	3,997	0,159	4

23 janvier 1908. — Escargots operculés.

Foie.	4,049	0,226	5,6
Glande de l'albumine.	0,874	0,270	30,9
Muscle du pied. . .	4,41	0,032	0,72

24 février 1908. — Escargots operculés.

	TISSUS	ALBUMINES	
	gr.	gr.	%
Foie.	2,565	0,191	7,4
Glande de l'albumine.	0,588	0,1	17
Muscle du pied. . .	4,426	0,085	1,9

27 mars. — Escargots operculés.

Foie.	1,993	0,083	4,1
Glande de l'albumine.	0,669	0,07	10,4
Muscle du pied. . .	2,795	0,049	1,7

7 mai. — Escargots à la fin de leur hibernation.

Foie.	1,787	0,165	9,2
Glande de l'albumine.	0,329	0,091	27,6
Muscle du pied. . .	4,235	0,062	1,4

16 juin. — Escargots en pleine activité.

Foie.	2,537	0,199	7,8
Glande de l'albumine.	3,758	0,68	18,1
Muscle du pied. . .	4,49	0,012	0,28

10 juillet. — Escargots en pleine activité.

Foie.	3,215	0,276	8,5
Glande de l'albumine.	4,342	0,535	12,3
Muscle du pied. . .	7	0,03	0,42

9 octobre. — Escargots éveillés et alimentés.

Foie.	3,017	0,327	10,83
Glande de l'albumine.	0,805	0,27	33,5
Muscle du pied. . .	5,835	0,045	0,77

4 décembre. — Escargots operculés.

Foie.	1,675	0,08	4,7
Glande de l'albumine.	0,324	0,082	25,3
Muscle du pied. . .	3,98	0,045	1,1

11 janvier 1909. — Escargots operculés.

Foie.	2,405	0,28	11,6
Glande de l'albumine.	0,46	0,135	29,3
Muscle du pied. . .	4,3	0,045	1,04

15 février. — Escargots operculés.

	TISSUS	ALBUMINES	
	gr.	gr.	%
Foie.	2,39	0,285	11,9
Glande de l'albumine.	0,78	0,277	35,5
Muscle du pied. . .	5,11	0,092	1,8

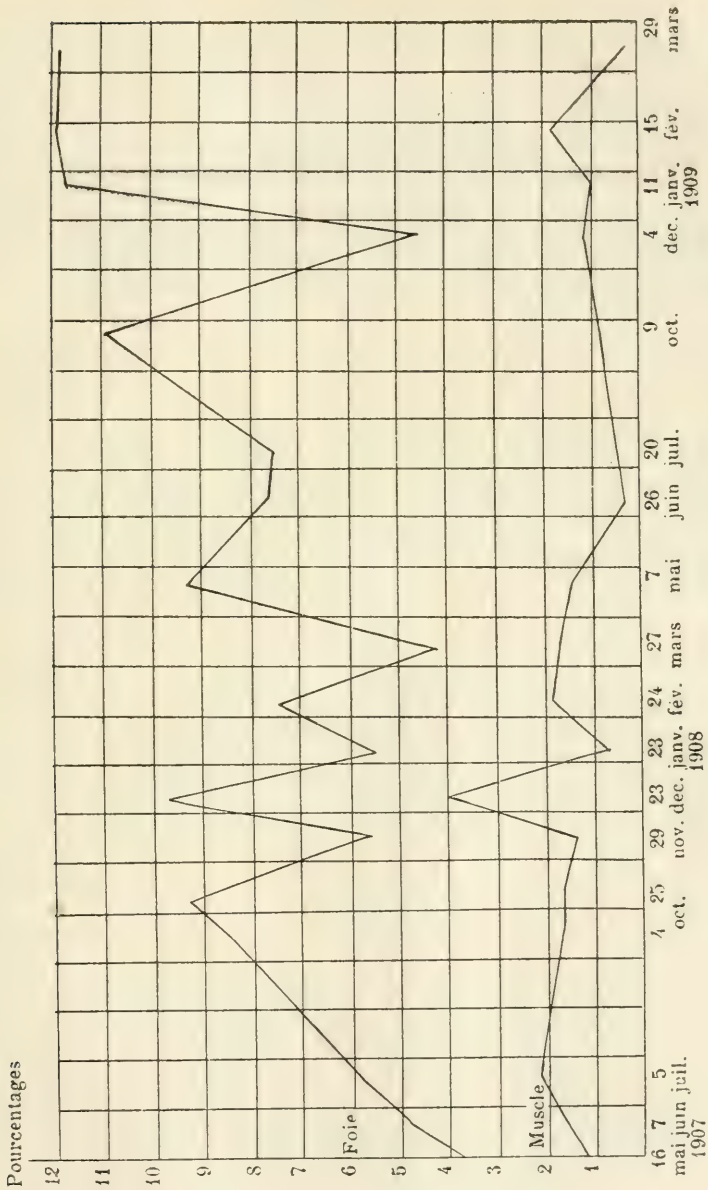
29 mars. — Escargots operculés.

Foie.	1,72	0,205	11,19
Glande de l'albumine.	0,2	0,064	32
Muscle du pied. . .	4,36	0,01	0,22

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages précédents.

ALBUMINES SOLUBLES

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES			POURCENTAGES rapportés aux tissus frais		
			Foie	Glande de l'albumine	Muscle du pied
			%	%	%
16 mai 1907 .	Escargots	sortant de l'hibernation . .	3,9	35,4	1,2
7 juin. . .	—	en pleine activité	4,9	14	1,7
5 juillet . .	—	— —	5,9	non dosé	2,2
4 octobre .	—	éveillés et alimentés . . .	8,4	non dosé	1,6
25 octobre .	—	— — . . .	9,2	non dosé	1,6
29 novembre	—	munis d'un operc. transpar.	5,6	30,5	1,3
23 décembre.	—	— — opaque .	9,9	33,2	4
23 janv. 1908.	—	— — — .	5,6	30,9	0,72
24 février. .	—	— — — .	7,4	17	1,9
27 mars . .	—	— — — .	4,1	10,4	1,7
7 mai. . .	—	à la fin de l'hibernation . .	9,2	27,6	1,4
26 juin. . .	—	en pleine activité	7,8	18,1	0,28
20 juillet .	—	— —	8,5	12,3	0,42
9 octobre .	—	éveillés et alimentés . . .	10,83	33,5	0,77
4 décembre.	—	operculés	4,7	25,3	1,1
11 janv. 1909.	—	—	11,6	29,3	1,04
15 février. .	—	—	11,9	35,5	1,8
29 mars . .	—	—	11,9	32	0,22



Courbes de la teneur en albumines solubles du foie et du muscle.

CONCLUSIONS

La teneur des tissus en albumines solubles est très variable, soit pendant la vie active, soit pendant l'hibernation.

Cette incohérence apparente des résultats s'explique fort bien si nous remarquons que nous n'avons dosé qu'un groupe restreint des matières protéiques, les matières albuminoïdes solubles dans l'eau et coagulables par la chaleur après addition de sulfate de soude.

TROISIÈME PARTIE

LES ÉCHANGES RESPIRATOIRES CHEZ *HELIX POMATIA* L. LEURS VARIATIONS PENDANT L'HIBERNATION

Nous avons cherché simultanément quelles étaient, à différentes époques de l'année, les quantités de gaz carbonique et de vapeur d'eau émises par des escargots, les valeurs des quotients respiratoires et la composition des gaz internes de de l'animal.

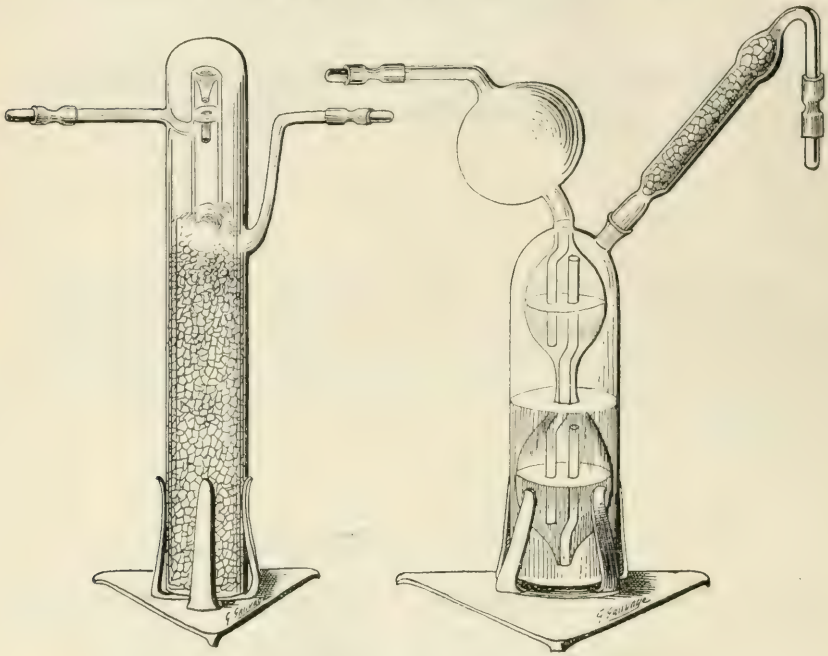
I. — QUANTITÉS DE VAPEUR D'EAU ET D'ANHYDRIDE CARBONIQUE ÉMISES PAR DES ESCARGOTS PENDANT UN LAPS DE TEMPS DÉTERMINÉ

a) TECHNIQUE

Pour établir la quantité de vapeur d'eau et celle de gaz carbonique émise par des escargots pendant un laps de temps déterminé, les animaux, préalablement pesés, sont placés dans un large flacon traversé par un courant d'air privé de toute trace de gaz carbonique et parfaitement desséché. L'air sortant du flacon traverse un appareil à chlorure de calcium qui retient la vapeur d'eau, et un appareil à potasse en solution à

30 pour 100) qui retient l'anhydride carbonique. Ces deux appareils ont été préalablement tarés avec soin ; leur augmentation de poids à la fin de l'observation indique le poids de la vapeur d'eau et celui du gaz carbonique que les escargots enfermés dans le flacon ont émis pendant la durée de l'expérience.

L'ensemble des appareils a la disposition suivante :



Appareils des Drs Bender et Hobein.

Avant le flacon qui contient les escargots on place une colonne de ponce potassique pour arrêter le gaz carbonique de l'air envoyé dans le système, suivi d'un barboteur témoin à eau de baryte dont le liquide doit rester limpide si l'air qui le traverse est entièrement privé de CO^2; puis, une colonne de ponce sulfurique pour dessécher l'air, suivie d'un petit tube contenant du chlorure de calcium. Ce tube est soigneusement taré et son poids doit rester invariable pendant toute la durée de l'expérience si l'air qui le traverse est parfaitement desséché.

Les appareils employés pour recueillir, à la sortie du flacon où les escargots respirent, la vapeur d'eau et le gaz carbonique qu'ils ont produits, sont les modèles construits par les Drs Bender et Hobein[1], modèles qui, en raison de leur petites dimensions, de leur grande légèreté et des supports d'aluminium dont ils sont munis, peuvent être facilement placés sur le plateau d'une balance de précision. L'appareil à

Dosage de la vapeur d'eau et de l'anhydride carbonique.

potasse est muni d'un petit manchon garni de $CaCl^2$ qui retient la vapeur d'eau dont l'air se charge en traversant la solution de potasse. A la suite de cet appareil est placé un barboteur témoin à eau de baryte qui doit rester limpide si tout le gaz carbonique est arrêté par la potasse.

Le courant d'air est créé par une trompe à eau dont on règle le débit de façon que le passage de l'air se fasse bulle à bulle dans les différents barboteurs. Avant la colonne de ponce potassique, on dispose un premier barboteur à huile de vaseline, ce qui permet de voir immédiatement si l'étanchéité du système est parfaite et, si elle ne l'est pas, dans quelle partie se trouve une fissure.

[1] Dr Bender et Dr Hobein, Gabelsbergerstrasse, 76 a, München.

b) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES DOSAGES

24 mai 1908. — Animaux à la fin de l'hibernation.

Poids des animaux : 48 gr. 54.
Durée de l'expérience : 21 mai, 4 h. 30 ; au 23 mai, 4 h. 30.
H^2O = 0 gr. 538 CO^2 = 0 gr. 104
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 554 CO^2 = 0 gr. 107

8 juin. — Animaux éveillés.

Poids des animaux : 47 gr. 037.
Durée de l'expérience : 5 juin, 3 h. du soir ; 7 juin, 11 h. du matin.
H^2O = 0 gr. 532 CO^2 = 0 gr. 157
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 616 CO^2 = 0 gr. 182

16 juin. — Animaux éveillés.

Poids des animaux : 38 gr. 98.
Durée de l'expérience : 16 juin, 5 h. du soir ; 18 juin, 10 h. du matin.
H^2O = 0 gr. 575 CO^2 = 0 gr. 235
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 863 CO^2 = 0 gr. 352

26 juin. — Animaux en pleine activité.

Poids des animaux : 37 gr. 68.
Durée de l'expérience : 26 juin, 11 heures ; 26 juin, 5 heures du soir.
H^2O = 0 gr. 197 CO^2 = 0 gr. 03
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 2 gr. 091 CO^2 = 0 gr. 318

20 juillet. — Animaux en pleine activité.

Poids des animaux : 57 gr. 53.
Durée de l'expérience : 4 h. 30.
H^2O = 0 gr. 115 CO^2 = 0 gr. 047
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 1 gr. 065 CO^2 = 0 gr. 435

30 octobre. — Escargots encoquillés, sans opercule.

Poids des animaux : 28 gr. 755.
Durée de l'expérience : 30 octobre, 5 h. 30 du soir ; 31 octobre, 3 h. 30.
H^2O = 0 gr. 19 CO^2 = 0 gr. 073
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 720 CO^2 = 0 gr. 276

14 décembre. — Animaux operculés.

Poids des animaux : 31 gr. 47.
Durée de l'expérience : 14 déc., 3 h. 30 du soir ; 15 déc., 2 h. 30.
H^2O = 0 gr. 03 CO^2 = 0 gr. 053
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 098 CO^2 = 0 gr. 175

18 janvier. — Escargots operculés.

Poids des animaux : 27 gr. 4.
Durée de l'expérience : 18 janvier, 2 heures ; 21 janvier, 2 heures.
H^2O = 0 gr. 182 CO^2 *indécelable.*
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 221

21 janvier. — Escargots operculés.

Poids des animaux : 27 gr. 4.
Durée de l'expérience : 21 janvier, 2 heures ; 22 janvier, 6 heures.
H^2O = 0 gr. 065 CO^2 = 0 gr. 007
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 203 CO^2 = 0 gr. 021

28 janvier. — Escargots operculés.

Poids des animaux : 32 gr. 71.
Durée de l'expérience : 28 janvier, 11 heures ; 30 janvier, 3 heures.
H^2O = 0 gr. 122 CO^2 = 0 gr. 019
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 172 CO^2 = 0 gr. 028

25 février. — Escargots operculés.

Poids des animaux : 28 gr. 31.
Durée de l'expérience : 25 février, 2 h. 30 ; 27 février, 3 h. 30.
H^2O = 0 gr. 116 CO^2 = 0 gr. 047
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 2 CO^2 = 0 gr. 081

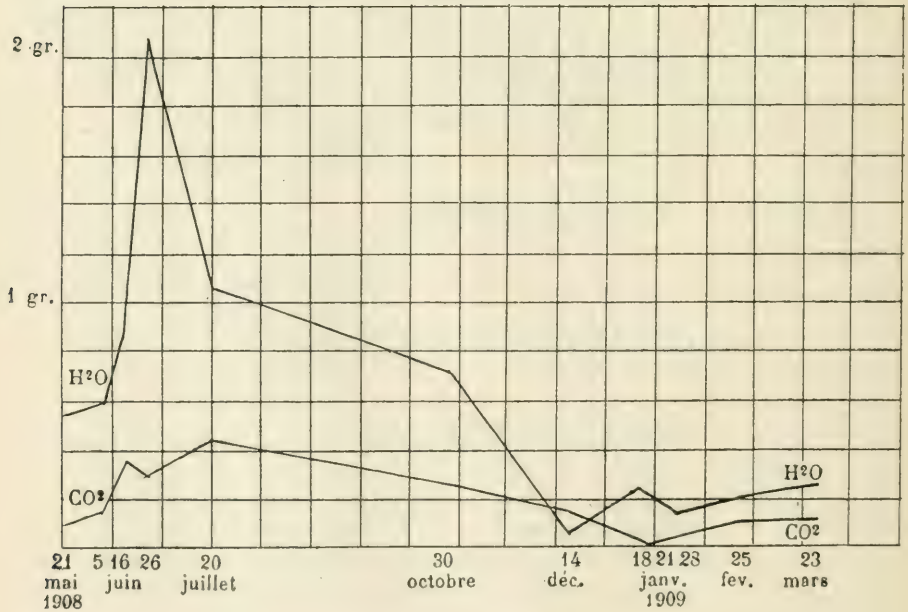
23 mars. — Escargots operculés.

Poids des animaux : 36 gr. 74.
Durée de l'expérience : 23 mars, 5 heures ; 26 mars, 11 heures.
H^2O = 0 gr. 268 CO^2 = 0 gr. 083
Pendant 48 heures, pour 50 grammes d'animaux :
H^2O = 0 gr. 265 CO^2 = 0 gr. 082

Tableau résumé des résultats fournis par les dosages précédents.

LES GAZ DE LA RESPIRATION

DATES ET CONDITIONS DES DOSAGES			Quantités de H^2O et de CO^2 émises pendant 48 heures par 50 grammes d'animaux.	
			Vapeur d'eau	Anhydride carbonique
			grammes	grammes
21 mai 1908.	Escargots	à la fin de leur hibernation.	0,554	0,107
5 juin . .	—	en pleine activité	0,616	0,182
16 juin . .	—	— —	0,863	0,352
26 juin . .	—	— —	2,091	0,318
20 juillet . .	—	— —	1,065	0,435
30 octobre .	—	encoquillés, sans opercule .	0,720	0,276
14 décembre.	—	operculés	0,098	0,175
18 janvier .	—	—	0,221	indécelable
21 janvier .	—	—	0,203	0,021
28 janvier .	—	—	0,172	0,028
25 février. .	—	—	0,2	0,081
23 mars . .	—	—	0,265	0,082



Courbes de l'émission des gaz de la respiration.

c) CONCLUSIONS

Les échanges respiratoires chez Helix pomatia *L. sont beaucoup moins intenses pendant l'hibernation que pendant la période de pleine activité ; l'émission de la vapeur d'eau diminue beaucoup au début de la vie hibernale, puis se maintient sensiblement constante pendant la seconde période de l'engourdissement tandis que c'est au milieu de l'hibernation que se manifeste un très grand ralentissement dans l'émission de CO^2 qui peut arriver à être indécelable; l'émission du gaz carbonique demeure très faible jusqu'à la fin de l'hibernation.*

2. — VALEURS DU QUOTIENT RESPIRATOIRE

a) TECHNIQUE

Pour déterminer la valeur du quotient respiratoire à une époque déterminée, des escargots, préalablement pesés, sont enfermés dans une cloche soigneusement close. Cette cloche porte à sa partie supérieure une ouverture fermée par un bouchon de caoutchouc que traverse un tube recourbé; ce tube recourbé est muni d'un drain de caoutchouc qui permet de faire facilement, à l'aide d'une pipette à gaz, une prise de l'air intérieur de la cloche. Lorsque les animaux sont placés dans la cloche on interrompt toute communication avec l'extérieur en pinçant l'extrémité de ce drain avec une pince à forci-pressure. Au bout de quelques jours, on fait une prise de gaz et on analyse l'air recueilli en absorbant le gaz carbonique par de la potasse et l'oxygène par le pyrogallate de potassium. La valeur du quotient respiratoire est celle du rapport

qui existe entre le volume du gaz carbonique émis et le volume de l'oxygène absorbé.

$$Q = \frac{\text{Volume de } CO^2 \text{ émis}}{\text{Volume oxygène absorbé}}$$

On a admis que la composition de l'air normal était pour 100 centimètres cubes de 20,8 d'oxygène pour 79,2 d'azote.

Pour faire l'analyse de l'air recueilli dans la pipette à gaz, on l'introduit dans un tube A, gradué en dixièmes de centimètre cube (pouvant contenir 50 centimètres cubes) muni à sa partie supérieure d'un entonnoir à robinet dont on a eu soin de vérifier la parfaite étanchéité. On mesure sur la cuve à mercure le volume de l'air ainsi enfermé dans le tube A et, pour faire plus facilement les corrections qu'entraînent les variations de température et de pression, on dispose préalablement sur la cuve à mercure un petit tube T, gradué en dixièmes de centimètre cube, où l'on a enfermé 10 centimètres cubes d'air mesurés à la température 0° C., sous la pression 760 millimètres de mercure. Pour faire la lecture, on amène le ménisque du tube A à se trouver dans le même plan horizontal que celui du tube T et on lit alors les volumes gazeux V et v renfermés dans chaque tube[1]. Une simple règle de trois permet alors de calculer quel est, à 0 degré et sous la pression 760 millimètres, le volume V^{0}_{760} de l'air enfermé dans le tube A :

$$V^{0}_{760} = \frac{10\ V}{v}$$

On introduit alors dans l'entonnoir du tube A quelques centimètres cubes d'une solution de potasse à 30 pour 100 et, en manœuvrant avec précaution le robinet, on la fait couler dans l'intérieur du tube ; (on a soin, pendant cette manipulation, de soulever un peu le tube afin de diminuer la pression du gaz enfermé et, par suite, d'éviter sa sortie du tube). On agite et au bout d'une heure on lit le nouveau volume V′ de l'air enfermé dans le tube A ; la lecture se fait de la même manière

[1] Un index horizontal fixé au tube T facilite cette opération.

que la précédente ; on calcule V'^{o}_{760}, la différence $(V^{o}_{760} - V'^{o}_{760})$ est le volume du gaz carbonique que renfermait l'air analysé.

On verse ensuite dans l'entonnoir du tube A une solution très concentrée d'acide pyrogallique, puis on la fait couler dans le tube ; au bout de vingt-quatre heures au minimum, on lit le volume V'' de l'air restant dans le tube A. On calcule V''^{o}_{760} ; la différence $(V'^{o}_{760} - V''^{o}_{760})$ est le volume de l'oxygène qui reste dans l'air analysé.

Remarque. — Lorsqu'on veut obtenir la valeur du quotient respiratoire chez des escargots operculés, il faut avoir soin de mettre dans la cloche du chlorure de calcium qui absorbe la valeur d'eau émise par les animaux observés ; si l'on ne prend pas cette précaution, les escargots, ainsi que l'avait remarqué Gaspard[1], reviennent toujours à la vie active au bout de quelques jours.

b) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES ANALYSES

15 mai 1908. — Des animaux à la fin de leur hibernation, pesant 39 gr. 26, sont placés dans la cloche close le 15 mai ; la prise de gaz est faite le *25 mai :*

Sur 23 cc. 5 d'air analysé[2], on trouve :

1 centimètre cube de gaz carbonique.		4,2 o/o
3 —	d'oxygène.	13,1

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{4,2}{(20,8 - 13,1)} = \frac{4,2}{7,7} = 0,545$$

18 juin. — Les escargots enfermés pèsent 36 gr. 28, ils ont repris la vie active ; la prise de gaz est faite le *1 juillet.*

Sur 15 cc. 2 d'air analysé, on trouve :

1 cc. 8 de gaz carbonique	11,8 o/o
1 cc. 2 d'oxygène	7,8

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{11,8}{(20,8 - 7,7)} = \frac{11,8}{13,1} = 0,9$$

[1] Gaspard, *Mémoire physiologique sur le colimaçon.*

[2] Les chiffres donnés expriment les volumes à 0 degré c. sous la pression 760.

11 juillet. — Les escargots enfermés pèsent 53 gr. 58.

La prise de gaz est faite le *17 juillet.*

Sur 14 cc. 9 d'air analysé, on trouve :

1 cc. 2 de gaz carbonique	8,1 o/o
1 cc. 8 d'oxygène	11,9

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{8,1}{(20,8 - 11,9)} = \frac{8,1}{8,9} = 0,91$$

16 octobre. — Les escargots enfermés pèsent 35 gr. 82, ils sont encoquillés, mais sans opercule.

La prise de gaz est faite le *14 novembre.*

Sur 13 cc. 9 de gaz analysé, on trouve :

1 cc. 6 de gaz carbonique	11,5 o/o
1 cc. 2 d'oxygène	8,6

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{11,5}{(20,8 - 8,6)} = \frac{11,5}{12,2} = 0,942$$

15 décembre. — Les escargots enfermés pèsent 35 gr. 5 (ils sont operculés).

La prise de gaz est faite le *9 janvier 1909.*

Sur 19 cc. 9 d'air analysé, on trouve :

0 cc. 2 de gaz carbonique	1 o/o
3 cc. 7 d'oxygène	18,5

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{1}{(20,8 - 18,5)} = \frac{1}{2,3} = 0,434$$

12 janvier 1909. — Les escargots observés pèsent 29 gr. 77

La prise de gaz est faite le *5 février.*

Sur 25 cc. 6 d'air analysé, on trouve :

0 cc. 3 de gaz carbonique.	1,1 o/o
4 cc. 6 d'oxygène.	17,9

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{1,1}{(20,8 - 17,9)} = \frac{1,1}{2,9} = 0,379$$

6 février 1909. — Les escargots observés pèsent 27 gr. 68.

La prise de gaz est faite le *11 mars.*

Sur 21 cc. 9 d'air analysé, on trouve :

0 cc. 2 de gaz carbonique	0,91 o/o
3 cc. 1 d'oxygène	14,1

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{0,91}{(20,8 - 14,1)} = \frac{0,91}{6,7} = 0,135$$

11 mars. — Les escargots observés pèsent 25 gr. 68. La prise de gaz est faite le *5 avril.*

Sur 24 cc. 5 d'air analysé, on trouve :

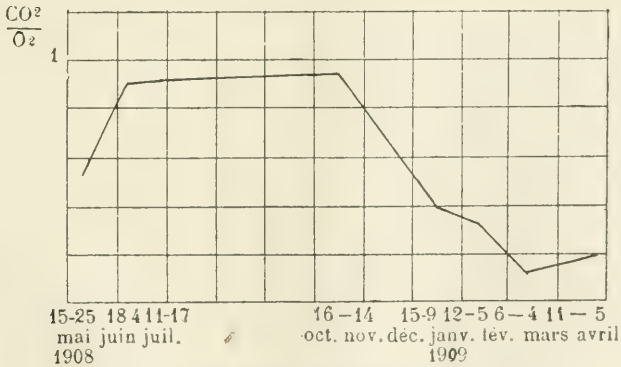
0 cc. 2 de gaz carbonique . . . . . 0,81 o/o
4 cc. 2 d'oxygène 17,1

$$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{0,81}{(20,8 - 17,1)} = \frac{0,81}{3,7} = 0,218$$

Tableau résumé des résultats fournis par les analyses précédentes.

VALEURS DU QUOTIENT RESPIRATOIRE

DATES ET CONDITIONS DES ANALYSES		VALEURS DU QUOTIENT
15 mai-25 mai 1908 . .	Escargots à la fin de l'hibernation .	$\frac{CO^2}{O^2} = 0,545$
18 juin-4 juillet . . .	— en pleine activité . . .	0,9
11 juillet-17 juillet . .	— — — . . .	0,91
16 octobre-14 novemb.	Début de l'hibernation, mais pas d'opercule	0,942
15 déc.-9 janvier 1909.	Escargots operculés.	0,434
12 janvier-5 février. . .	— —	0,379
6 février-11 mars . .	— —	0,135
4 mars-5 avril . . .	— —	0,218



Courbe des valeurs du quotient respiratoire.

c) CONCLUSION

La valeur du quotient respiratoire est beaucoup plus faible pendant l'hibernation que pendant la vie active. Cette valeur diminue dès que l'animal s'opercule, et cette diminution va en s'accentuant jusque vers la fin de la période hibernale.

3. — COMPOSITION DES GAZ INTERNES DE L'ESCARGOT

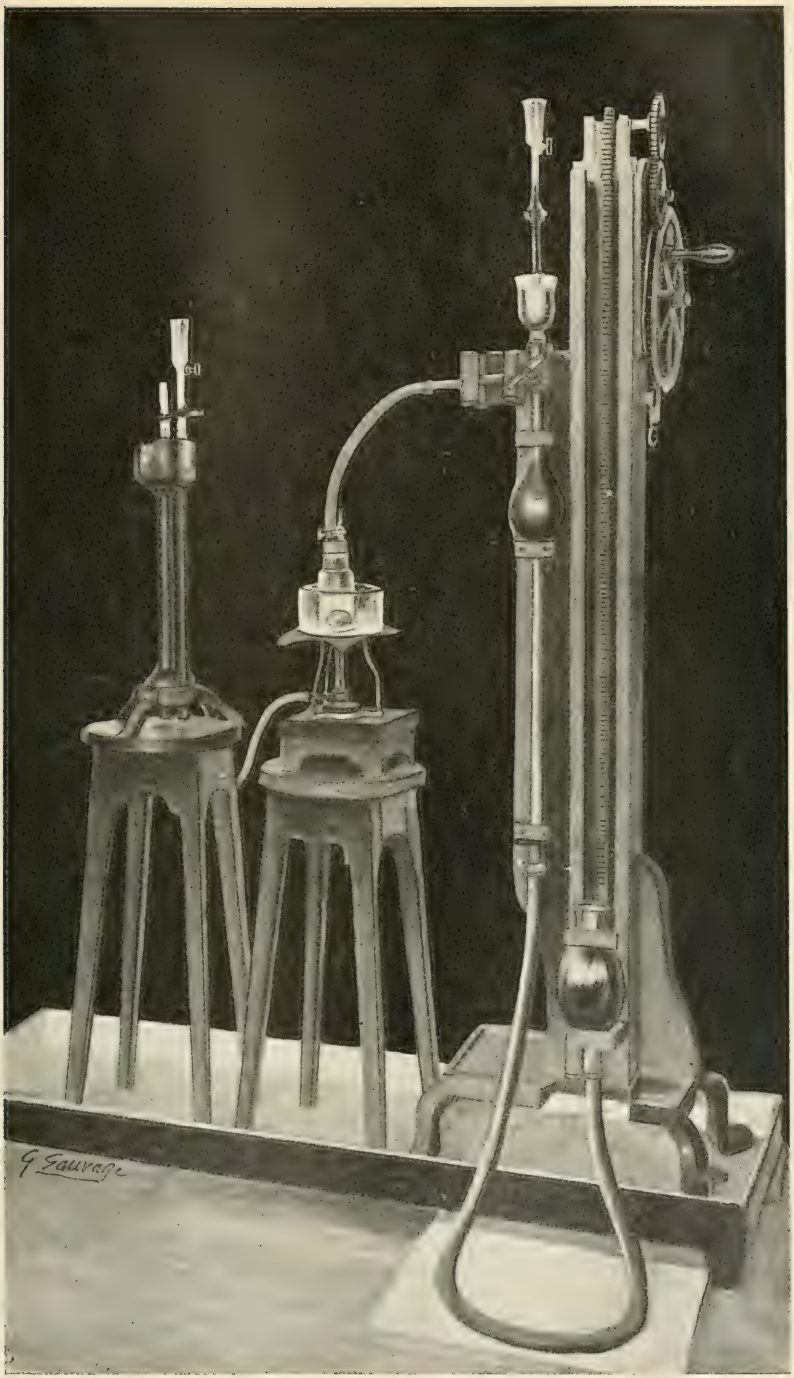
a) TECHNIQUE

L'extraction des gaz se fait à l'aide d'une trompe à mercure ; les animaux sont mis dans un flacon rempli d'eau préalablement bouillie pendant une demi-heure pour chasser les gaz dissous, et conservée sous une couche d'huile de vaseline. Ce flacon peut être hermétiquement fermé à l'aide d'un bouchon de caoutchouc traversé par deux tubes à robinet, l'un communiquant avec l'air extérieur, l'autre solidement fixé au tuyau de la trompe à mercure.

La manipulation se fait en deux temps :

1° Le flacon est rempli d'eau bouillie jusqu'à un repère fixe tracé sur sa paroi (à l'acide fluorhydrique) et on achève de débarrasser complètement cette eau des gaz qu'elle peut contenir en dissolution. On ferme alors le robinet qui établit la communication avec la trompe à mercure ; on ouvre celui qui met en communication avec l'air extérieur et l'on débouche le flacon.

2° Les animaux pesés sont mis dans le flacon et l'on ramène le niveau de l'eau au repère fixe ; on bouche soigneusement le flacon, on interrompt la communication avec l'air extérieur et l'on rétablit la communication avec la trompe à mercure, puis on fait l'extraction des gaz tandis que l'on chauffe au



Extraction des gaz internes.

bain-marie, à 50 degrés, le flacon qui contient les animaux afin d'éviter la dissolution des gaz dans l'eau.

Les gaz sont recueillis dans un tube, gradué en dixièmes de centimètre cube, muni d'un entonnoir à robinet dont on a vérifié avec soin la parfaite étanchéité. Ce tube est ensuite transporté sur une cuve à mercure ; l'analyse de son contenu est faite en procédant de la même façon que dans les analyses gazeuses qui servent à établir les valeurs du quotient respiratoire.

Par une opération préalable on a déterminé, une fois pour toutes, le volume d'air contenu entre le niveau du repère fixe et le robinet qui établit la communication avec la trompe à mercure ; pour interpréter les résultats fournis par les analyses gazeuses, on doit se rappeler que le mélange analysé renferme, outre les gaz internes des animaux, ce volume V d'air ordinaire.

b) CONDITIONS ET RÉSULTATS DES EXTRACTIONS

30 mars 1908. — Animaux operculés[1], pesant 35 gr. 76.

Gaz extrait :	12 cc. 9[1]		pour 50 gr. de tissus :		18 cc.
contenant :	2 cc. 3 de CO^2. .	17,8 o/o	—	—	3 cc. 2
	1 cc. 5 d'oxygène.	11,6	—	—	2 cc. 1
	9 cc. d'azote. .	70,6	—	—	12 cc. 7

15 mai. — Animaux à la fin de l'hibernation, pesant 36 gr. 43.

Gaz extrait :	18 cc. 1		pour 50 gr. de tissus :		24 cc. 8
contenant :	3 cc. 2 de CO^2. .	17,6 o/o	—	—	4 cc. 3
	1 cc. 2 d'oxygène.	6,6	—	—	1 cc. 6
	13 cc. 7 d'azote. .	75,8	—	—	18 cc. 9

27 mai. — Animaux déroulés, pesant 46 gr. 33.

Gaz extrait :	20 cc.		pour 50 gr. de tissus :		21 cc. 5
contenant :	3 cc. 4 de CO^2. .	17 o/o	—	—	3 cc. 6
	2 cc. 4 d'oxygène.	12	—	—	2 cc. 5
	14 cc. 2 d'azote. .	71	—	—	15 cc. 3

[1] Lorsque les animaux sont operculés, on perce l'opercule avant de les introduire dans l'eau pour l'extraction.

[2] Les chiffres donnés sont les volumes à 0 degré et sous la pression 760, après déduction du volume d'air normal (10 centimètres cubes dans les expériences relatées).

29 juin. — Animaux en pleine activité, pesant 37 gr. 85.

Gaz extrait :	18 cc. 3		pour 50 gr. de tissus :	24 cc. 1
contenant :	2 cc. 5 de CO^2. .	13,6 o/o	— —	3 cc. 3

20 juillet. — Animaux en pleine activité, pesant 55 gr. 85.

Gaz extrait :	34 cc. 8		pour 50 gr. de tissus :	31 cc. 1
contenant :	4 cc. 3 de CO^2. .	12,3 o/o	— —	3 cc. 8
	4 cc. 6 d'oxygène.	13,2	— —	4 cc. 1
	25 cc. 9 d'azote . .	74,5	— —	25 cc. 9

10 décembre. — Animaux munis d'un opercule transparent, pesant 25 grammes.

Gaz extrait :	18 cc. 2		pour 50 gr. de tissus :	36 cc. 4
contenant :	0 cc. 7 de CO^2. .	3,8 o/o	— —	1 cc. 4
	3 cc. 1 d'oxygène.	17	— —	6 cc. 2
	14 cc. 4 d'azote. .	79,1	— —	28 cc. 8

18 janvier 1909. — Animaux operculés, pesant 35 gr. 39.

Gaz extrait :	23 cc. 5		pour 50 gr. de tissus :	33 cc. 2
contenant :	1 cc. 2 de CO^2. .	5,1 o/o	— —	1 cc. 6
	3 cc. 8 d'oxygène.	16,1	— —	5 cc. 3
	18 cc. 5 d'azote . .	78,7	— —	26 cc. 1

1er février. — Animaux operculés, pesant 32 gr. 45.

Gaz extrait :	15 cc. 5		pour 50 gr. de tissus :	23 cc. 8
contenant :	1 cc. 4 de CO^2. .	9 o/o	— —	2 cc. 1
	0 cc. 8 d'oxygène.	5,1	— —	1 cc. 2
	13 cc. 3 d'azote. .	85,8	— —	20 cc. 4

15 février. — Animaux operculés, pesant 33 gr. 025.

Gaz extrait :	16 cc. 5		pour 50 gr. de tissus :	25 cc. 7
contenant :	1 cc. 9 de CO^2. .	11,5 o/o	— —	2 cc. 9
	0 cc. 6 d'oxygène.	3,6	— —	0 cc. 9
	14 cc. d'azote. .	84,8	— —	21 cc. 8

15 mars. — Animaux operculés, pesant 29 gr. 81.

Gaz extrait :	15 cc. 9		pour 50 gr. de tissus .	26 cc. 6
contenant :	2 cc. 4 de CO^2. .	15 o/o	— —	4 cc.
	1 cc. 9 d'oxygène.	11,9	— —	3 cc. 1
	11 cc. 6 d'azote. .	72,9	— —	19 cc. 4

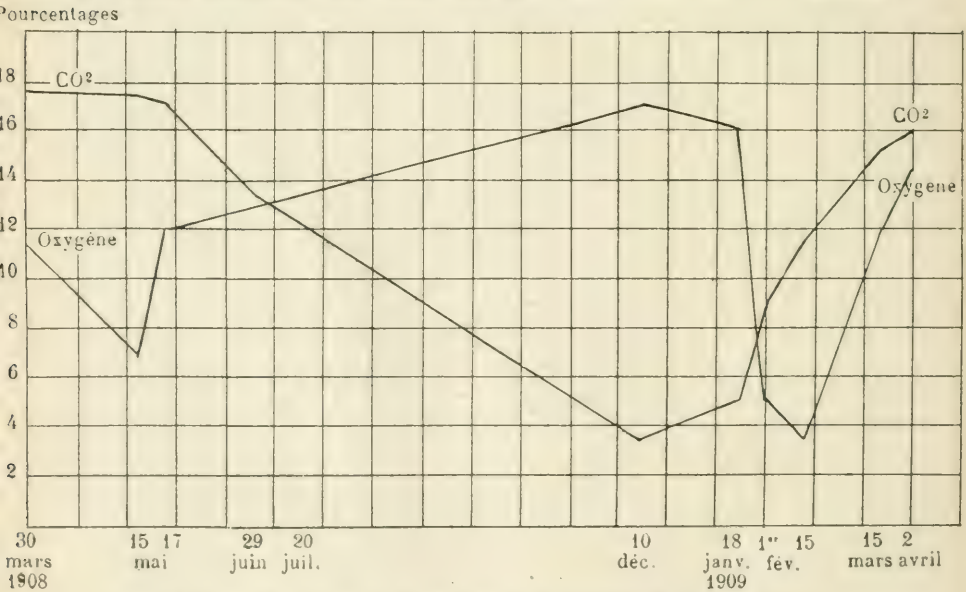
2 avril. — Animaux operculés, pesant 29 gr. 01.

Gaz extrait :	20 cc. 7		pour 58 gr. de tissus :	35 cc. 6
contenant :	3 cc. 3 de CO^2. .	15,9 o/o	— —	5 cc. 6
	3 cc d'oxygène.	14,4	— —	5 cc. 1
	14 cc. 4 d'azote . .	69,5	— —	24 cc. 8

Tableau résumé des résultats fournis par les extractions des gaz internes.

COMPOSITION DES GAZ INTERNES

DATES ET CONDITIONS DES ANALYSES	Pour 50 gr. d'animaux			Pourcentages	
	Gaz total extrait	CO^2	Oxygène	CO^2	Oxygène
	cc.	cc.	c.	%	%
30 mars 1908. Animaux operculés .	18	3,2	2,1	17,8	11,6
15 mai. . . Escargots à la fin de l'hibernation . . .	24,8	4,3	1,6	17,6	6,6
27 mai. . . Escargots déroulés. .	21,5	3,6	2,5	17	12
29 juin . . — en pl. activité .	24,1	3,3	non dosé	13,6	non dosé
20 juillet . . — — — .	31,1	3,8	4,1	12,3	13,2
10 décembre. — operc. transpar.	36,4	1,4	6,2	3,8	17
18 janv. 1909. — — opaque .	33,2	1,6	5,3	5,1	16,1
1er février. . — — — .	23,8	2,1	1,2	9	5,1
15 février. . — — — .	25,7	2,9	0,9	11,5	3,6
15 mars . . — — — .	26,6	4	3,1	15	11,9
2 avril . . — — — .	35,6	5,6	5,1	15,9	14,4



Courbes de la teneur en anhydride carbonique et en oxygène des gaz fournis par les tissus.

c) CONCLUSIONS

1° *Il semble que le volume des gaz internes de l'escargot diminue pendant la vie hibernale.*

2° *La teneur en anhydride carbonique augmente depuis le début de l'hibernation jusqu'à la fin de l'engourdissement; le gaz carbonique s'accumule donc bien dans les tissus d'*Helix pomatia *pendant l'hibernation ainsi que l'avaient déjà montré les recherches précédentes faites sur cette question par le professeur R. Dubois*[1]. *Au contraire, la teneur en oxygène des gaz internes diminue pendant l'hibernation, elle atteint son minimum vers le mois de février.*

[1] R. Dubois, Sur le sommeil hivernal chez les Invertébrés (*Annales de la Société Linnéenne de Lyon*, 1900).

CONCLUSIONS

I. — CONCLUSIONS RELATIVES A L'HIBERNATION DE L'ESCARGOT

Pour l'escargot *(Helix pomatia* L.), *l'état hygrométrique de l'air est le facteur externe essentiel de la torpeur hibernale ; la température n'est qu'un facteur accessoire.*

Pendant l'hibernation, on constate chez cet animal ;

1° *Une diminution de poids : au début de l'hibernation, la perte de poids est considérable, puis elle est relativement faible et s'accentue de nouveau vers la fin de l'engourdissement ;*

2° *Une déshydratation sensible du tissu musculaire et du tissu hépatique ;*

3° *Une diminution de la graisse et du glycogène du foie : la consommation de ces réserves est maxima au début de la vie hibernale ;*

4° *Une accumulation des lécithines dans les tissus ;*

5° *Une accumulation de glucose dans le foie, le muscle du pied et la glande de l'albumine ; la teneur maxima est atteinte vers la fin de l'hibernation ; la teneur minima se réalise immédiatement après le retour à la vie active) ;*

6° *L'apparition du glucose dans le sang qui en est totalement dépourvu pendant la vie active ainsi qu'au début et à la fin de l'engourdissement hibernal ;*

7° *Des modifications sensibles dans les échanges respiratoires : l'émission de vapeur d'eau et de gaz carbonique dimi-*

nue beaucoup pendant la torpeur ; les valeurs des quotients respiratoires décroissent d'une façon continue depuis le début jusqu'à la fin de l'hibernation ;

8° *Une accumulation de gaz carbonique dans les tissus tandis que leur teneur en oxygène diminue.*

Au point de vue du mécanisme physiologique de la vie de l'escargot, nos recherches peuvent donner lieu à quelques interprétations :

1° L'assimilation n'est pas une simple transposition chimique puisque, alors que le liquide contenu dans le tube digestif des Hélices est toujours doué de pouvoir réducteur, ce qui n'est pas surprenant puisqu'il contient une série de ferments hydrolysants[1], le sang en est presque toujours dépourvu.

2° Le pouvoir réducteur du tissu musculaire n'est pas dû, lorsqu'il existe, à l'irrigation sanguine, puisque généralement celui du sang est nul. Il y a formation sur place du glucose.

Cette formation pourrait avoir lieu, soit par transformation des réserves de la cellule musculaire par l'intermédiaire d'un ferment, soit par décomposition d'une gluco-protéide que contiendrait le sang de l'escargot et qui serait la forme habituelle sous laquelle le glucose, d'origine hépatique, dans ce cas, serait véhiculé (« sucre virtuel »). Or, E. Couvreur[2], en soumettant le muscle du pied de l'escargot à des vapeurs chloroformiques en a extrait un liquide jouissant de la propriété de transformer le glycogène en sucre, ce qui prouve l'existence, dans ce tissu, d'une diastase hydrolysante ; d'autre part, il semble qu'il existe des glucoprotéides dans le sang de ce mollusque ; le pouvoir réducteur du tissu musculaire peut donc être attribué soit à du glucose provenant de l'hydrolyse diastasique du glycogène emmagasiné dans les cellules, soit

[1] Travaux de : Biedermann et Moritz (1898) ; Gorka (1904) ; Seillière (1905) ; Pacaut 1905) ; Pacaut et Vigier (1906) ; Bierry et Giaja (1906).

[2] E. Couvreur et M. Bellion, Sur le Sucre du Sang de l'Escargot, nouvelle réponse à M. Seillière (*C. R. Société de Biologie*, 11 avril 1908).

à la mise en liberté d'hydrates de carbone constitutifs des molécules protéiques.

3° L'accroissement de la teneur des tissus en glucose pendant et à la fin de l'hibernation chez l'escargot, l'apparition temporaire de glucose dans le sang dans le cours de la torpeur, coïncidant avec l'accumulation de l'anhydride carbonique dans les tissus, semble une preuve de la formation asphyxique du glucose chez cet animal[1].

2. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'HIBERNATION

Il nous a paru intéressant de rapprocher les résultats donnés par cette étude de l'hibernation chez l'escargot de ceux fournis par les principales recherches faites dans ces dernières années sur les mammifères hibernants, afin de dégager les phénomènes essentiels dont s'accompagne l'engourdissement hibernal chez ces spécimens zoologiques d'ordre si divers.

Depuis 1888, le professeur R. Dubois a publié un grand nombre de travaux[2] confirmant, en les étendant et en les précisant, les recherches de Regnault et Reiset et de Valentin sur les échanges respiratoires chez la marmotte. Plus tard, Marès, en 1892, confirma à son tour les résultats des auteurs précités. Chez la marmotte, les échanges respiratoires sont très différents, suivant que l'animal est en torpeur, à l'état de veille ou de réveil : « 1° la ventilation pulmonaire augmente beaucoup au début du réveil ; 2° elle est à peu près la même au commencement et à la fin du réveil ; 3° le maximum de ventilation correspond à la période moyenne du réveil ; 4° les variations de l'absorption de l'oxygène pendant le réveil suivent celles de la ventilation ;

[1] Dastre, De la Glycémie asphyxique *(C. R. Académie des sciences,* 13 octobre 1879).

[2] Ces travaux ont été résumés jusqu'en 1896 dans un important ouvrage intitulé : « Etude sur le mécanisme de la thermogenèse et du sommeil chez les mammifères, physiologie comparée de la marmotte » et publié dans les *Annales de l'Université de Lyon.*

5° la marmotte en torpeur consomme très peu d'oxygène, trente à quarante fois moins qu'à l'état de veille ; 6° elle absorbe cependant plus d'oxygène qu'elle n'en rend sous forme d'acide carbonique, le quotient $\frac{CO^2}{O^2}$ se rapproche de 0,5.

7° Dans l'état de réveil et de veille, le quotient $\frac{CO^2}{O^2}$ « tend vers l'unité [1] ». Ces variations dans les échanges respiratoires s'accompagnent, chez cet animal, de modifications sensibles dans la composition du sang. L'analyse des gaz du sang permit à R. Dubois de constater que « la richesse en oxygène du sang artériel est à peu près la même dans l'état de veille et dans l'état de sommeil, . . . le sang veineux, dans le sommeil, est moins riche en oxygène que le sang artériel et aussi que le sang veineux de l'état de veille ; la quantité d'acide carbonique contenue dans le sang des marmottes est toujours considérable, mais elle augmente pendant le sommeil pour diminuer au réveil : elle est notablement moins grande dans l'état de veille que dans l'état de sommeil, et cela dans les deux sangs [2] ».

Cet auteur observa, également, que la teneur en eau du sang varie énormément, suivant que la marmotte est endormie ou éveillée : dans le sang artériel d'une marmotte éveillée, la proportion d'eau pour 1.000 est de 845,095 ; dans le sang veineux du même animal, elle est de 837,005, tandis que le sang veineux d'une marmotte endormie contient 802,325 d'eau pour 1.000 et le sang artériel 797,570. (Les indications sur la proportion d'eau dans le sang, fournies par les dosages de l'hémoglobine et la numération des globules, confirment les résultats précédents obtenus par la dessiccation.) La teneur des différents tissus en eau est également très variable : le foie, les muscles, le cerveau contiennent moins d'eau dans le som-

[1] *Loc. cit.*, p. 72.

[2] *Loc. cit.*, p. 88, et R. Dubois, Variations des gaz du sang chez la marmotte pendant l'hivernation, en état de veille et en état de torpeur (*C. R. Soc. de Biologie*, 22 décembre 1894).

meil qu'après le réveil. Cette déshydratation du tissu hépatique, pendant la torpeur, s'accompagne d'une accumulation de glycogène dans le foie. Des séries de dosages, faits sur des animaux endormis, fournirent les résultats suivants[1] :

Glycogène pour 1.000 gr. de foie (marmottes endormies) :
Depuis 4 jours : 6 gr. 05 ;
— 7 — : 8 gr. 88 ;
— 9 — : 8 gr. 65 ;
— 10 — : 16 gr. 32.

Au moment du réveil, le glycogène disparaît du foie ; il est alors transformé en sucre et versé dans la circulation : le sucre apparaît dans le sang, qui n'en contenait aucune trace pendant la torpeur profonde.

Enfin, tandis qu'au début de l'hiver le tissu adipeux et le tissu hépatique sont bourrés de graisse, ces réserves disparaissent, par suite des accumulations et des destructions successives de glycogène, qui se font pendant le courant de l'hivernation et coïncident avec les périodes de torpeur et de réveil. Simultanément, R. Dubois observa une diminution du poids de l'animal (balance enregistrante de Rédier). « La perte de poids est continue pendant toute l'hivernation, sauf qu'à de certains moments on observe de légères augmentations de poids, dues, vraisemblablement, à une fixation accélérée d'oxygène coïncidant, peut-être, avec une rétention de l'acide carbonique[2]. »

En 1901, Pembrey[3], confirmant les résultats précédents, signala, de nouveau, l'accumulation de la graisse chez la marmotte au début de l'hibernation ; cet animal se préparerait au

[1] R. Dubois, Variations du glycogène du foie, du sucre du sang et du foie dans l'état de veille et dans l'état de torpeur chez la marmotte et de l'influence des nerfs pneumogastriques et sympathiques sur le sucre du sang et du foie pendant le passage de la torpeur à l'état de veille (*C. R. Société de Biologie*, 22 décembre 1894).

[2] *Loc. cit.*, p. 111.

[3] Pembrey, The respiratory exchange during the deposition of fat (*Journal of Physiology*, XXVII, 406-417, 1901).

sommeil hibernal en absorbant de grandes quantités d'hydrates de carbone qu'il transformerait en graisses : son quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O^2}$ dépasse alors l'unité, pouvant même atteindre 1,39 ; quant à la perte d'eau, elle est considérablement augmentée, le quotient $\frac{CO^2}{H^2O}$ étant de 2,67.

Cet auteur a fait également quelques observations sur l'engourdissement hibernal du loir [1]. Chez cet hibernant, les échanges respiratoires peuvent devenir, pendant la torpeur, le centième de ce qu'ils sont pendant la veille ; en même temps, il y a combustion partielle des graisses et il se forme du glucose qui s'emmagasine dans le foie et dans les muscles.

Signalons encore, entre autres publications sur ce sujet, quelques recherches sur l'hibernation des chauve-souris, publiées, en 1901, par Rulot [2]. Pendant l'engourdissement hibernal, une chauve-souris perdrait 57 pour 100 de son poids : la proportion d'eau irait en augmentant du début à la fin, quoiqu'il y ait, cependant, perte absolue d'eau ; le poids absolu et le poids relatif de la graisse diminuent du commencement à la fin de l'hivernage, mais la consommation de la graisse est surtout considérable dans les derniers mois de l'hibernation ; quant au glycogène, le poids absolu et le poids relatif diminuent depuis le début jusqu'à la fin de la période hibernale, avec une légère augmentation en avril ; enfin, la quantité totale de carbone brûlé augmente du début à la fin de l'hibernation.

Chez l'escargot, pendant l'hibernation, il y a donc, comme chez les mammifères hibernants, diminution du poids, consommation des réserves et ralentissement des échanges respiratoires. Il y a, comme chez la chauve-souris, diminution des graisses et du glycogène et, comme chez le loir, la consomma-

[1] Pembrey, Further observations upon the respiratory exchange and temperature of hibernating mammals (*Journal of Physiology*, XXIX, 195-211, 1903).

[2] H. Rulot, Note sur l'hibernation des chauves-souris (*Archives de Biologie*, 365-375, 1901).

tion des réserves graisseuses s'accompagne de production de glucose dans le foie et dans les muscles, tandis que, chez la marmotte, la disparition des graisses entraîne d'abord une accumulation de glycogène dans le foie, alors que le sang est dépourvu de sucre, puis production de sucre au moment du réveil.

On constate aussi, chez l'escargot operculé, comme dans le cours de périodes de sommeil de la marmotte hivernant, une déshydratation sensible des tissus et une accumulation de gaz carbonique dans les gaz internes de l'animal, accumulation progressive du début à la fin de l'engourdissement. Au moment du réveil, il y a, chez ces deux hibernants, élimination considérable de CO^2 et réhydratation des tissus ; seulement, tandis que chez l'escargot c'est le milieu extérieur qui fournit l'eau utilisée par l'animal, chez la marmotte cette eau a une origine interne : la réhydratation s'effectue grâce à des liquides contenus dans l'estomac, l'intestin, la vessie, le péritoine, liquides qui sont résorbés au moment des réveils. En effet, « pendant le sommeil, il s'accumule une certaine quantité de liquide dans l'estomac, le cœur et surtout dans les séreuses, principalement dans le péritoine. Le liquide des séreuses est de la lymphe renfermant des leucocytes sortis des vaisseaux par diapédèse. Ces éléments possèdent, à un haut degré, le pouvoir de transformer le glycogène en sucre et ils rentrent, précisément, dans la circulation avec l'*eau de réserve* au moment du réveil[1] ».

La déshydratation des tissus et l'accumulation de l'anhydride carbonique sont donc, chez *Helix pomatia*, des facteurs internes importants de l'hibernation : on retrouve, chez ce mollusque, pendant le sommeil hibernal, « l'autonarcose carbonique », qui accompagne, chez la marmotte, les périodes léthargiques, « autonarcose » signalée déjà comme une « cause essentielle » de la torpeur hivernale chez l'escargot par le pro-

[1] R. Dubois, Autonarcose carbonico-acétonémique ou sommeil hivernal de la marmotte (*C. R. Société de Biologie*, 2 mars 1895).

fesseur R. Dubois[1] et chez un autre invertébré par R. Jänichen, de Berlin, dans ses observations sur l'engourdissement hibernal des chenilles.

Il faut également noter que le gaz carbonique endort les escargots, de même qu'il plonge les marmottes dans la torpeur quand il est introduit dans le sang en proportions convenables, et aussi qu'au moment du réveil des uns et des autres sa proportion dans les tissus est toujours très élevé. Il est infiniment probable que ce gaz contribue, avec la réhydratation, au réveil de l'escargot comme cela a été démontré pour la marmotte, où le même agent, suivant la dose, provoque le sommeil ou le réveil. La théorie de l'autonarcose carbonique et de la déshydratation du professeur R. Dubois peut donc être étendue aux animaux invertébrés à sang froid et, en particulier, à l'escargot.

[1] R. Jänichen, Schlussbetrachtung über Kohlensaüre Sauerstarre (Wärme starre) und Winterschaf bei Raupen *(Insecten Börse*, XVI, Jahrgang 1900).

BIBLIOGRAPHIE

Abeles, *Zeit. physiol. Chem.*, XV.

Ancel, *Histogenèse et structure de la glande hermaphrodite d'Helix pomatia*, th. Nancy, 1903.

Aristote, *Hist. animal.*, lib. VIII, cap. xiii.

Barfurth, Ueber den Bau und die Thätigkeit der Gasteropodenleber *(Arch. für mikrosk. Anatomie*, t. XXII, 1883).

— Vergleichend-histochemische Untersuchungen über das Glycogen *(Arch. für mikrosk. Anatomie*, t. XXV, 1885).

Bellion (Marguerite), Diminution des sucres chez l'Escargot *(Helix pomatia* L.), pendant la période d'activité *(C. R. Soc. de Biologie*, 27 juillet 1907).

Berger (J.-F.), Expériences et remarques sur quelques animaux qui s'engourdissent pendant la saison froide *(Mémoires du Muséum*, t. XVI, 1828).

Bertrand (Gabriel), le Dosage des sucres réducteurs *(Bull. Soc., chimique*, 3e XXXV).

Biedermann et Moritz, Beiträge zur vergleichenden Physiologie der Verdanung. Ueber ein celluloselösendes Enzym in Lebersecret der Schnecke *(Arch. f. d. ges. Physiologie*, LXXIII, 1898).

Bierry (H.), Invertine et lactases animales. Leur spécificité *(C. R. Ac. des Sciences*, 5 avril 1909).

Bierry et Giaja, Sur la digestion des Mannanes et des Galactanes *(C. R. Soc.. de Biologie*, 2 juin 1906).

— Sur la digestion des glucosides et du lactose *(C. R. Soc. de Biologie*, 16 juin 1906).

— Digestion des glucosides et des hydrates de carbone chez les mollusques terrestres *(C. R. Soc. de Biologie*, 24 novembre 1906).

— Sur le dédoublement diastasique du lactose, du maltose et de leurs dérivés *(C. R. Soc. de Biologie*, 11 avril 1908).

Bierry et Portier, Sur le dosage du sucre du sang *(C. R. Soc. de Biologie*, 15 novembre 1902).

Blainville, article Hélice *(Dictionnaire des Sciences naturelles*, t. XX, 1821).

Cavalié (M.), Sur la sécrétion de la glande albuminipare chez l'Escargot (*C. R. Soc. de Biologie*, 1er juillet 1902).

Chapelle, thèse Faculté de médecine, Paris, 1899.

Couvreur (E.), Notes sur le sang de l'escargot (*C. R. Soc. de Biologie*, 28 avril 1900).

Couvreur (E. et Bellion (M.), Sur le sucre du sang de l'Escargot (*C. R. Société de Biologie*, 19 octobre 1907).

— Sur le sucre de sang de l'escargot. Réponse à M. G. Seillière (*C. R. Société de Biologie*, 15 février 1908).

— Sur le sucre du sang de l'escargot. Nouvelle réponse à M. Seillière (*C. R. Société de Biologie*, 11 avril 1908).

Cuvier, Mémoire sur la limace (*Limax* L.) et le colimaçon (*Helix* L.) (*Mémoires pour servir à l'histoire et à l'anatomie des Mollusques*, Paris, 1817).

Dastre, De la glycémie asphyxique (*C. R. Académie des Sciences*, 13 octobre 1879).

Deflandre (Claire), *la Fonction adipogénique dans la série animale*, th. Paris, 1903).

Dioscorides, *De mat. med.*, lib. II, cap. viii.

Draparnaud (J.), *Tableau des Mollusques terrestres et fluviatiles de la France*, à Montpellier et à Paris, an IX (1801).

Dubois (R.), Variations du glycogène du foie, du sucre du sang et du foie dans l'état de veille et dans l'état de torpeur chez la marmotte et de l'influence des nerfs pneumogastriques et sympathiques sur le sucre du sang et du foie pendant le passage de la torpeur à l'état de veille (*C. R. Société de Biologie*, 22 décembre 1894).

— Variations des gaz du sang chez la marmotte pendant l'hivernation, en état de veille et en état de torpeur (*C. R. Société de Biologie*, 22 décembre 1894).

— Autonarcose carbonico-acétonémique ou sommeil hivernal de la marmotte (*C. R. Société de Biologie*, 2 mars 1895).

— Etude sur le mécanisme de la thermogenèse et du sommeil chez les Mammifères, physiologie comparée de la marmotte (*Annales de l'Université de Lyon*, 1896).

— Sur le sommeil hivernal chez les Invertébrés (*Annales de la Société linnéenne de Lyon*, 1900).

Dupuis (D.), *Histoire naturelle des Mollusques terrestres et d'eau douce qui vivent en France*, 1847-1855.

Ferussac et Deshayes, *Histoire naturelle générale et particulière des Mollusques terrestres et fluviatiles*, Paris, 1829-1855.

Fischer (Paul), Du sommeil et de l'hibernation des gastéropodes terrestres (*Mélanges de conchyliologie*, Bordeaux, 1854).

FISCHER, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 19-21.

FRAENKEL, *Pflüger's Archiv*, LII.

GARNIER, *Arch. de physiol.*, 1898.

GASPARD (B.), D. M., Mémoire physiologique sur le colimaçon (*Cochlea pomatia*, L. ou *Helix pomatia* L.) (*Journal de physiologie expérimentale et pathologique*, par F. Magendie, 1822, Paris).

GAUTIER (A.) et ALBAHARY, *Exercices de chimie pratique*.

GRIMBERT, *Journal pharm. et chim.*, 6°, XVII.

GORKA, *Allat. Közlem*, vol. III, Budapest, 1904.

GULEWITCH, *Zeit. Physiol. Chem.*, XXVII.

HOFMEISTER *Zeit. Physiol. Chem.*, IV.

HUGOUNENQ et MOREL, *Bul. Soc. Chim.*, 1907.

JAKSCH, *Zeit. Physiol.*, 14.

JANICHEN (R.), Schlussbetrachtung über Kohlensaüre Sauerstarre (Wärme starre) und Winterschaf bei Raupen (*Insecten Börse*, XVI, Jahrgang 1900).

KRÜKENBERG, Ueber das Helicorubin und die Leberpigmente von *Helix pomatia* (*Vergleich-Physiol. Studien.*, II Rechen, 2e Abth., 1882).

LANG (A.), Kleine biologische Beobachtungen über die Weinbergschnecke (*Helix pomatia* L.) (*Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zurich*, Jahrb. 1896).

— Ueber den Saisonschlaf der Tiere (*Schweizerische pädagogische Zeitschrift*, IX Jahrgang, Heft VI., Dez. 1899).

LÉPINE et BOULUD, Sur le Sucre virtuel du sang (*C. R. Acad. des Sciences*, 21 septembre, 2 novembre 1903; 8 octobre 1906).

— Sur le Sucre total du sang (*C. R. Acad. des Sciences*, 27 juillet-30 novembre 1908).

LÉPINE ET BOULUD, Extraction du sucre du sang (*Bull. Soc. Chimique*, 1907).

LISTER, *Exercitatio anatomica in qua de Cochleis, maxime terrestribus et Limacibus agitur*, 1694.

MAUREL (E.), Influence de la température ambiante sur les dépenses de l'organisme chez les animaux à témpérature variable pendant le sommeil hivernal (*C. R. Soc. de Biologie*, 6 octobre 1900).

MOREL (Albert), *Congrès Assoc. française*, Lyon 1906.

— *Précis de Technique chimique à l'usage des Laboratoires médicaux*, Paris, 1909.

MOREL (A.), MONOD (O.), BELLION (M.), Dosage des sucres réducteurs (*Congrès Assoc. française*, Clermont 1908).

NEUMANN (Albert), *Arch. f. Physiol.*, 1907.

PACAUT (Maurice), Sur deux propriétés diastasiques de la salive de l'Escargot (*C. R. Soc. de Biologie*, 1er juillet 1905).

PACAUT et VIGIER (P.), Sur le rôle du suc de Nalepa chez l'Escargot *(C. r. Soc. de Biologie*, 17 mars 1906).

PATEIN, Elimination du mercure dans les liquides sucrés traités par le nitrate mercurique *(C. R. Soc. de Biologie*, 1902).

PATEIN et DUFAU, *Rép. pharmac.*, 1902.

— *Journal pharm. et chim.*, 6e s., X.

PEMBREY, The respiratory exchange during the deposition of fat *(Journal of Physiology*, XXVII, 1901).

— Further observations upon the respiratory exchange and temperature of hivernating mammals *(Journal of Physiology*, XXIX, 1903).

PLINE, *Hist. nat.*, lib. VIII, cap. 39.

ROUZAUD, *Recherches sur le développement des organes génitaux de quelques Gastéropodes hermaphrodites* (thèse, Paris, 1885).

RULOT (H.), Note sur l'hibernation des chauves-souris *(Archives de Biologie*, 1901).

SEILLIÈRE (G.), Sur la Présence d'une diastase hydrolysant la xylane dans le suc gastro-intestinal de l'Escargot *(C. R. Soc. de Biologie*, 4 mars 1905).

— Sur la Présence de la xylanase chez différents Mollusques gastéropodes *(C. R. Soc. de Biologie*, 1er juillet 1905).

— Sur l'Hydrolyse diastasique de quelques pentosanes *(C. R. Soc. de Biologie*, 30 juin 1906).

— Sur un Cas d'hydrolyse diastasique de la cellulose du coton après dissolution dans la liqueur de Schweitzer *(C. R. Soc. de Biologie*, 28 juillet 1906).

— Sur l'Absorption et la présence dans le sang de l'Escargot des produits de l'hydrolyse digestive de la xylane *(C. R. Soc. de Biologie*, 7 décembre 1907).

— Objections à la note de M. Couvreur et de Mlle M. Bellion « sur le sucre du sang de l'Escargot, réponse à M. Seillière » *(C. R. Soc. de Biologie*, 21 mars 1908).

— Sur la Présence du sucre dans le sang de l'Escargot *(C. R. Soc. de Biologie*, 14 mars 1908).

SPALLANZANI (Lazare), *Mémoires sur la Respiration*, traduits en français d'après son manuscrit inédit par Jean Senebier; à Genève, Paschoud, an XI (1803).

SWAMMERDAM, *Histoire naturelle des Insectes*, traduite du *Biblia Naturæ*, dans la Collection académique dédiée à S. A. Monseigneur le Prince de Condé, 1758.

YUNG (Emile), Contribution à l'histoire physiologique de l'Escargot *(Helix pomatia* L.) *(Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, t. XLIX).

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 1
Historique 31

PREMIÈRE PARTIE

Recherches expérimentales sur les causes de l'hibernation chez *Helix pomatia* L. 33

1. Influence de la chaleur 33
2. Influence de l'humidité 34
3. Influence simultanée de la chaleur et de l'humidité 35
Conclusions 36

DEUXIÈME PARTIE

Les réserves physiologiques chez *Helix pomatia* L. Leurs variations pendant l'hibernation 37

1. Variations du poids total de l'animal. 38
2. Variations de la teneur en eau. 45
a. *Technique* 45
b. *Conditions et résultats des dosages* 45
c. *Conclusions* 49
3. Variations de la teneur en graisses 51
a. *Technique* 51
α. Dosages des graisses. 51
Premier procédé 51
Second procédé. 51
β. Dosage des lécithines 53
Méthode d'Albert Neumann. 53
Principe. 53
Technique du dosage. 54

b. *Conditions et résultats des dosages* 56
c. *Conclusions* 62

4. Variations de la teneur en glycogène. 63
a. *Technique* 63
b. *Conditions et résultats des dosages* 63
c. *Conclusions* 68

5. Variations de la teneur en sucres 68
a. *Technique* 68
α. Préparation de la solution sucrée. 68
β. Défécation 69
1. Défécation par l'acide phosphotungstique . . . 69
2. Défécation par les sels mercuriques. 69
Procédé Patein 70
Procédé Bierry et Portier 70
Procédé Morel, Monod, Bellion. 70
3. Défécation par l'acétate de zinc 72
γ. Détermination du pouvoir réducteur 72
1. Dosage par la liqueur de Fehling. 72
2. Technique de Chapelle modifiée par A. Morel . . 73
Précipitation du Cu^2O. 73
Titrage du Cu^2O. 74
Calcul de la quantité de sucre en fonction de Cu réduit 75
3. Technique de Gabriel Bertrand. 76
Principe de la méthode. 76
Recherche qualitative 77
Dosage 77
δ. Mise en évidence d'un sucre fermentescible 83
Appareil employé 83
Conditions d'une bonne fermentation. 83
ε. Formation des osazones. 83
b. *Conditions et résultats des recherches* 84
1° Détermination des valeurs du pouvoir réducteur . . 86
2° Détermination de la nature du corps réducteur . . . 89
c. *Conclusions* 92

Le sucre dans le sang de l'escargot 93
Conditions et résultats des recherches 93
Conclusions 96

Variations du pouvoir réducteur total des tissus 98
Conditions et résultats des dosages 98
Conclusions 101

6. Variations de la teneur en albumines solubles 101
a. *Technique* 101
b. *Conditions et résultats des dosages* 102
c. *Conclusions* 106

TROISIÈME PARTIE

Les échanges respiratoires chez *Helix pomatia* L. Leurs variations pendant l'hibernation 107

1. Quantités de vapeur d'eau et d'anhydride carbonique émises par des escargots pendant un laps de temps déterminé. 107
a. *Technique* 107
b. *Conditions et résultats des dosages* 110
c. *Conclusions* 113

2. Valeur du quotient respiratoire. 113
a. *Technique* 113
b. *Conditions et résultats des analyses* 115
c. *Conclusion* 118

3. Composition des gaz internes de l'escargot 118
a. *Technique* 118
b. *Conditions et résultats des extractions* 120
c. *Conclusions* 123

CONCLUSIONS 125
Conclusions relatives a l'hibernation de l'escargot 125
Considérations générales sur l'hibernation 127

BIBLIOGRAPHIE 133

Lyon. — Imprimerie A. Rey et Cie, 4, rue Gentil. — 52171

QL
755
B43

Bellion, Marguerite
Contribution

BioMed.

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY